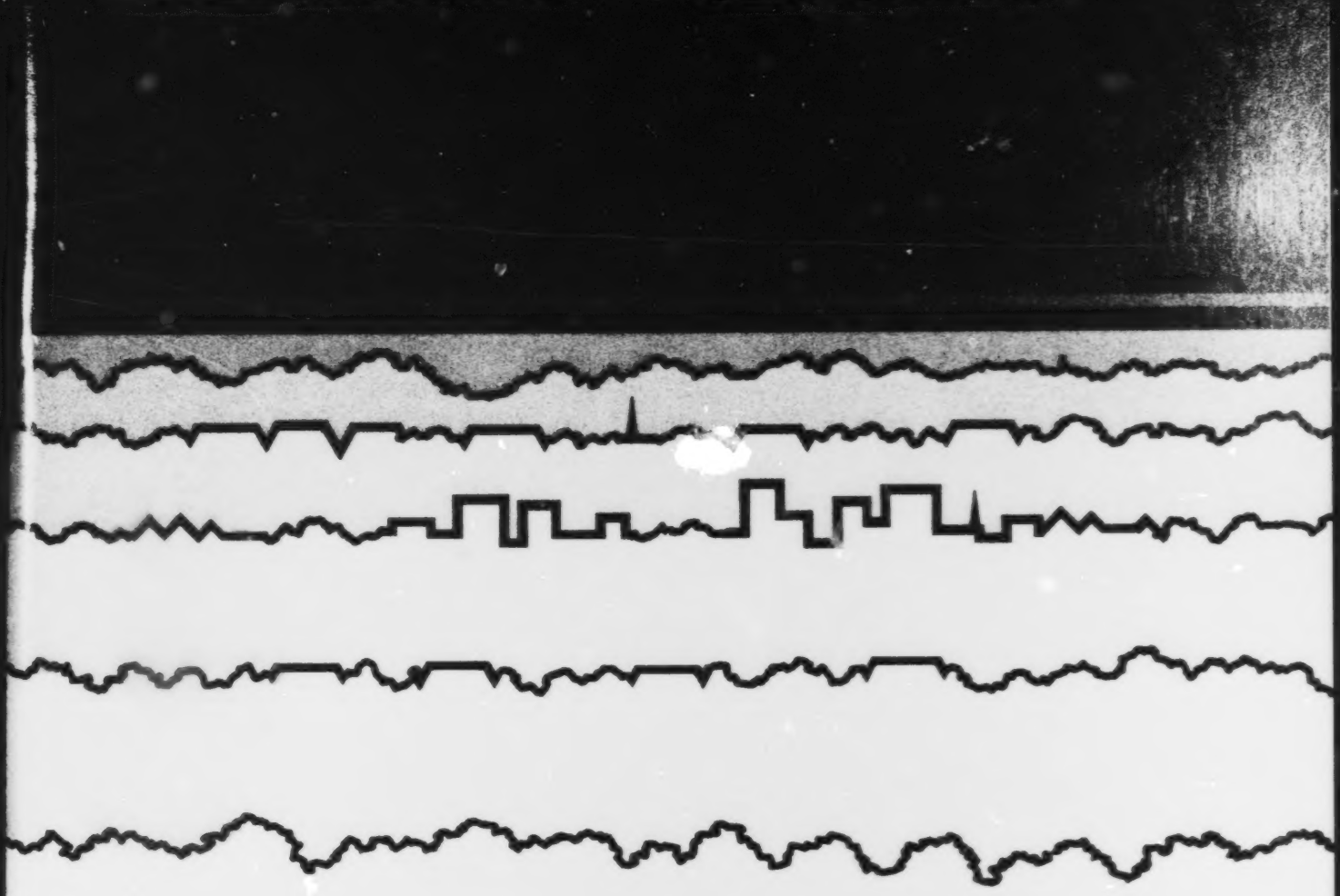
CCREE Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale

CEARC Canadian Environmental Assessment Research Council



ÉVALUATION DES IMPACTS CUMULATIFS AU CANADA : PROPOSITIONS DE PROGRAMMES DE MESURES ET DE RECHERCHE

E.B. Peterson, Y.-H. Chan, N.M. Peterson, G.A. Constable, R.B. Caton, C.S. Davis, R.R. Wallace et G.A. Yarranton

ÉVALUATION DES IMPACTS CUMULATIFS AU CANADA : PROPOSITIONS DE PROGRAMMES DE MESURES ET DE RECHERCHE

E.B. Peterson, Y.-H. Chan, N.M. Peterson
Western Ecological Services Ltd.
Victoria

G.A. Constable
Canadian Resourcecon (1983) Ltd.
Vancouver

R.B. Caton, C.S. Davis
Concord Scientific Corporation
Toronto

R.R. Wallace
Dominion Ecological Consulting Ltd.
Calgary

G.A. Yarranton
Yarranton Holdings Ltd.
Calgary

Document de référence préparé pour
le Conseil canadien de la recherche sur
l'évaluation environnementale

89-05757/

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1988

N° de cat. En 107-3/10-1987F

ISBN 0-662-95200-6

This publication is also available in English

AVANT-PROPOS

Le Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale (CCREE) a été créé le 30 janvier 1984 par le ministre fédéral de l'Environnement pour conseiller le gouvernement, l'industrie et les universités sur les moyens d'améliorer les méthodes scientifiques et techniques, et la marche à suivre utilisée pour l'évaluation des impacts environnementaux (EIE) au Canada.

Ce document a été établi à la demande du CCREE en vue de fournir les informations appropriées et de stimuler la discussion sur les sujets présentant de l'intérêt pour la collectivité chargée de l'EIE. Toutefois, les opinions exprimées sont strictement celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues des membres du Conseil ou de son secrétariat.

Pour obtenir des informations supplémentaires sur les activités générales du Conseil et ses publications, veuillez communiquer avec :

Patrice LeBlanc
Secrétaire exécutif, CCREE
Édifice Fontaine, 13e étage
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3

Tél. : (819) 997-1000

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements vii

Résumé ix

CHAPITRE I : INTRODUCTION 1

Centre d'intérêt du CCREE 1
Intérêt socio-économique 2
Échelles de temps présentant de l'intérêt 2
Échelle géographique présentant de l'intérêt 2
Trois études de cas 3

CHAPITRE 2 : IMPORTANCE DES IMPACTS CUMULATIFS 5

Cheminement n° 1 — Additions persistantes dues à un processus, mais n'ayant pas de relations interactives 6
Cheminement n° 2 — Additions persistantes dues à un processus, interactif par suite de bio-amplification 7
Cheminement n° 3 — Impacts cumulatifs dus à plusieurs processus, ayant des incidences multiples du type additif à non interactif 7
Cheminement n° 4 — Impacts cumulatifs dus à plusieurs processus ayant entre eux des relations de type interactif à synergique 8
Rôle spécial des seuils dans les cheminements des impacts cumulatifs 8
Résumé des cheminements des impacts cumulatifs 9

CHAPITRE 3 : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉVALUATION DES IMPACTS CUMULATIFS 11

Composante «écosystème» 11
Composante «recherche» 13
Composante «gestion» 13

CHAPITRE 4 : POSSIBILITÉS D'ACCORDS INSTITUTIONNELS DE RECHANGE DESTINÉS A CONTRER LES IMPACTS CUMULATIFS DÉCELÉS 17

Lois et directives du Cabinet 18
Autre palier d'étude 18
Création d'organismes distincts 18
Mécanismes de consultation 19
Liens avec la planification environnementale 20
Liens avec l'évaluation des impacts environnementaux 20

CHAPITRE 5 : QUELQUES EXPÉRIENCES CANADIENNES D'ÉVALUATION DES IMPACTS CUMULATIFS 23

Étude de cas : Impact cumulatif de l'essence au plomb 23
Étude de cas : Impacts cumulatifs sélectionnés dans les systèmes aquatiques, le bassin de la rivière Athabasca (Alberta) 29

Étude de cas : Pratiques d'utilisation des terres, fragmentation de l'habitat et changements des sols dans les provinces des Prairies 36
Gestion des impacts cumulatifs liés aux dangers des rayonnements, au Canada 44
Gestion canadienne des impacts cumulatifs au moyen de l'entente sur la qualité de l'eau des Grands Lacs 46
Sommaire des connaissances des impacts cumulatifs, au Canada, comparativement aux intérêts du CCREE 47

CHAPITRE 6 : QUESTIONS D'IMPACTS CUMULATIFS LES PLUS IMPORTANTES QUE LES CANADIENS ONT À RÉSOUDRE 51

CHAPITRE 7 : RECOMMANDATIONS 55

Recommandations relatives aux liens «écosystème-gestion» 55
Recommandations relatives aux liens «recherche-écosystème» 57
Recommandations ayant trait aux liens «recherche-gestion» 62

BIBLIOGRAPHIE 67

REMERCIEMENTS

Le présent rapport est le résultat d'un contrat entre le Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale et Western Ecological Services Ltd., de Victoria (Colombie-Britannique). L'étude a été réalisée par une équipe de huit personnes incluant des sous-traitants tels que Canadian Resourcecon (1983) Ltd., de Vancouver, Concord Scientific Corporation, de Toronto, Dominion Ecological Consulting Ltd., de Calgary, et Yarranton Holdings Ltd., de Calgary.

L'équipe tient à remercier le Dr Gordon Beanlands, directeur de la recherche du Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales d'Halifax, agissant à titre de responsable scientifique du projet, pour l'intérêt dont il a fait preuve à l'égard de ce travail et pour les conseils qu'il a dispensés. Le Dr Barry Sadler, directeur de l'Institute of the North American West de Victoria, et le Dr John O'Riordan, directeur de la planification au ministère de l'Environnement de Victoria, ont également émis des suggestions précieuses pour définir le mandat de ce travail et pour améliorer un avant-projet antérieur. Le Dr M. H. Sadar, conseiller scientifique au Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales a aidé à compiler les documents de base.

Les membres de l'équipe se sont mis en rapport avec un certain nombre d'autres spécialistes : K. Ambrock, Alberta Fish and Wildlife, d'Edmonton; le Dr M.B. Dale de l'Université d'Alberta à Edmonton; T. Dann du Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada; le Dr H. Dibbs, Programmes Industriels, du Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada; J. Inglis, ministère des Affaires indiennes et du Nord Canada; R. Owens, expert-conseil de Calgary; le Dr W. Rees, de l'Université de Colombie-Britannique à Vancouver; le Dr P. Stokes directeur de l'Institut d'études environnementales de l'Université de Toronto et membre de la Commission de la Société royale sur le plomb dans l'environnement; le Dr P. Toft, de la Division de la surveillance et des critères, de Santé et Bien-être social Canada; S. Veit, expert-conseil de Victoria; D. Westworth, expert-conseil d'Edmonton; L. Wharton, du Service de la protection de l'environnement, d'Environnement Canada.

Nous remercions toutes les personnes dont le nom figure ci-dessus pour leurs idées et leurs suggestions. Nous tenons aussi à remercier, pour leur aide, M. Kirkpatrick, qui a été responsable du traitement de texte, et B. Peterson, qui a dessiné les figures du rapport.

RÉSUMÉ

L'étude des connaissances sur l'évaluation des impacts cumulatifs au Canada, entreprise par le Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale (CCREE), a confirmé que les impacts cumulatifs ont une incidence de plus en plus importante sur la qualité de l'environnement, tant naturel que social, au Canada. Par conséquent, elle a permis de conclure que le CCREE devrait continuer à centrer une partie de son programme sur l'évaluation des impacts cumulatifs.

Les nombreux impacts cumulatifs identifiables, c'est-à-dire réputés comme des processus ayant une seule cause et un seul effet, ont été groupés en treize ensembles considérés comme ayant une importance particulière pour les Canadiens au cours des 10 ou 20 prochaines années. Ce sont :

- le transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA);
- la qualité de l'air urbain et la saturation du bassin atmosphérique;
- la mobilisation des substances persistantes ou bioaccumulées;
- les impacts cumulatifs associés aux modifications climatiques;
- l'occupation des terres par des ouvrages érigés par l'homme;
- l'aliénation de l'habitat;
- la fragmentation de l'habitat;
- la perte de sols en qualité et en quantité;
- l'effet de l'utilisation des produits chimiques en agriculture, sylviculture et horticulture;
- la diminution et la contamination des eaux souterraines;
- l'augmentation de la charge sédimentaire, chimique et thermique des habitats aquatiques (eau douce et eau de mer);
- le rythme d'exploitation des ressources renouvelables qui ne cesse de croître;
- le confinement à long terme et l'élimination des déchets toxiques.

Il est surprenant de trouver toute une variété de cas dont les impacts cumulatifs ont été identifiés et soumis à un système de contrôle et de gestion, au Canada. Les facteurs scientifiques et institutionnels qui, au Canada, ont favorisé une méthode fructueuse d'analyse et de gestion des impacts cumulatifs, peuvent être résumés comme suit :

- les impacts cumulatifs sont plus facilement pris en considération si on fait des efforts déterminés pour parvenir à des ententes de coopération là où la responsabilité est répartie entre une multiplicité d'organismes;
- les impacts cumulatifs seront mieux pris en considération si, pendant la négociation des accords réglementaires de coopération, des efforts déterminés sont déployés pour faire intervenir les différentes parties intéressées;
- les impacts cumulatifs qui présentent un danger pour la vie humaine conduisent à méthodes de gestion plus fructueuses que les impacts cumulatifs moins dangereux ou moins connus;
- les impacts cumulatifs qui sont le résultat de cheminements connus ont plus de chances d'être mieux pris en considération.

Dans de nombreux cas, les succès apparents sont dus à des conditions précises qui ne se retrouvent pas nécessairement dans d'autres formes d'effets cumulatifs ou dans d'autres champs d'application. Plusieurs relations entre la complexité des contrôles d'autorité et la gestion des impacts cumulatifs ont fait l'objet d'études approfondies qui ont mené à la conclusion que, dans des circonstances appropriées, la complexité des organismes de contrôle n'empêche pas en soi la gestion efficace des impacts cumulatifs, si la volonté d'agir est présente.

Il a été confirmé que les projets et les évaluations des impacts environnementaux propres à un projet ne peuvent être modifiés que jusqu'à un certain point pour pouvoir gérer avec succès des impacts cumulatifs. Malgré cette confirmation, la présente étude a effectivement abouti à des recommandations touchant certaines étapes des procédures existantes d'évaluation des impacts sur l'environnement.

De façon générale, cette étude confirme l'hypothèse du CCREE selon laquelle les méthodes actuelles tant pour les analyses scientifiques que pour les dispositions institutionnelles destinées à gérer des impacts cumulatifs sont encore insuffisantes au Canada. Pour s'attaquer à ces faiblesses, la gestion des impacts cumulatifs exige que l'on intervienne sur trois fronts identifiés dans la présente étude comme étant : (i) les liens entre l'écosystème et la gestion; (ii) les liens entre la recherche et l'écosystème; (iii) les liens entre la recherche et la gestion. Les recommandations en vue d'un programme d'intervention ainsi qu'un calendrier de recherche sont présentés pour chacun de ces fronts.

RECOMMANDATIONS AFFÉRENTES AUX LIENS ÉCOSYSTÈME-GESTION

RECOMMANDATION 1

Le CCREE doit conserver un vif intérêt pour les aspects institutionnels de l'évaluation des impacts cumulatifs; une façon de le faire consisterait à subventionner des analyses et des études détaillées ainsi que la recherche visant à améliorer

l'intervention institutionnelle dans chacun des 13 ensembles d'impacts cumulatifs importants auxquels les Canadiens font face.

RECOMMANDATION 2

Le CCREE, les planificateurs, les décideurs, les gestionnaires de l'environnement et les groupes d'intérêts cherchant des moyens de gérer les impacts cumulatifs doivent accorder une grande attention à la planification et aux communications.

RECOMMANDATION 3

Le CCREE devrait entreprendre ou promouvoir une évaluation qui porterait spécifiquement sur les liens systémiques entre les divers phénomènes entrant en jeu dans le transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA), y compris les dépôts acides, d'oxydants et de produits chimiques toxiques, en insistant sur l'évaluation de l'efficacité du traitement scientifique et institutionnel des liens systémiques entre les composantes du TGDPA (sous-systèmes).

RECOMMANDATIONS AFFÉRENTES AUX LIENS «RECHERCHE-ÉCOSYSTÈME»

RECOMMANDATION 4

Le CCREE devrait envisager une analyse détaillée d'un exemple de cheminement des impacts cumulatifs qui allie les lacunes importantes dans les connaissances à la complexité institutionnelle causée par la diversité des facteurs en jeu. Ce concours de circonstances conduit à la forme d'impacts cumulatifs la plus difficile à gérer; la fragmentation de l'habitat est un sujet propice à une telle analyse.

RECOMMANDATION 5

Le CCREE devrait promouvoir au moins une étude à long terme sur un sujet de recherche biophysique qui soit fondamental pour la compréhension des impacts cumulatifs et qui exige plus de cinq ans de recherches pour arriver à terme. Le CCREE devrait avoir pour objectif de faire accepter l'idée que certaines questions relatives aux impacts cumulatifs ne seront jamais résolues, à moins que des mécanismes ne permettent de garantir, s'il y a lieu, un soutien financier à long terme; la recherche sur les contraintes dans les écosystèmes et la dégradation d'écosystèmes intégraux sont des exemples de sujets de recherche à long terme prioritaires dans ce contexte.

RECOMMANDATION 6

Le CCREE devrait s'assurer qu'une partie de la recherche sur les impacts cumulatifs porte sur les liens fonctionnels au sein d'écosystèmes fortement perturbés et en cours de réhabilitation.

RECOMMANDATION 7

Le CCREE devrait entreprendre l'analyse détaillée de plusieurs possibilités de collecte de données de recherche en vue de les appliquer à l'évaluation des impacts cumulatifs. Un objectif connexe consisterait à évaluer l'importance accordée à la recherche, aux divers niveaux d'intégration, de la cellule à l'écosystème entier.

RECOMMANDATION 8

Le CCREE devrait entreprendre ou promouvoir une recherche sur l'application de concepts de systèmes à l'évaluation des perturbations des écosystèmes par des impacts cumulatifs potentiels.

RECOMMANDATIONS AFFÉRENTES AUX LIENS «RECHERCHE-GESTION»

RECOMMANDATION 9

Le CCREE devrait promouvoir et appuyer une recherche de mécanismes qui permettraient d'améliorer les liens entre la recherche épidémiologique et la recherche environnementale.

RECOMMANDATION 10

Le CCREE devrait promouvoir la réalisation d'au moins une étude des impacts cumulatifs qui convienne bien à l'intégration des aspects scientifiques et socio-économiques à l'étape de la recherche. L'application de l'approche de système global à la gestion du bassin atmosphérique pour le contrôle des effets atmosphériques cumulatifs au Canada pourrait constituer le sujet idéal de recherche.

RECOMMANDATION 11

Le CCREE devrait promouvoir l'évaluation exhaustive de l'efficacité des normes réglementaires canadiennes en ce qui a trait à la prévention d'effets néfastes et cumulatifs.

RECOMMANDATION 12

Le CCREE devrait, dans le domaine des pesticides, se concentrer sur de nouvelles approches dans le cas de recherches difficiles à réaliser jusqu'ici par suite du manque de données permettant de vérifier l'existence d'un éventuel problème d'impacts cumulatifs.

Dans le texte, chaque recommandation est accompagnée d'étapes de mise en oeuvre suggérées au CCREE ou à d'autres organismes. Les recommandations dont l'application pourrait être immédiate sont identifiées; d'autres recommandations exigeront que le CCREE et d'autres organismes se penchent sur le problème à court terme (entre trois à cinq ans) ou à long terme (plus de cinq ans). Les étapes spécifiques permettant d'utiliser les différentes méthodes et l'importance des recommandations spécifiques pour s'attaquer à la question des impacts cumulatifs dans les procédures d'évaluation des impacts environnementaux et dans les systèmes de planification de l'environnement sont décrites à grands traits dans le texte pour chacune des douze recommandations.

Le mandat de cette étude portait sur la question suivante : la gestion des impacts cumulatifs pourrait-elle être améliorée par la planification environnementale à l'échelle régionale et les évaluations par zone? La réponse a été affirmative; mais l'étude a accordé plus d'attention à la question inverse : la planification environnementale à l'échelle régionale et les évaluations par zone peuvent-elles être améliorées en incorporant délibérément des critères d'évaluation des impacts cumulatifs? La réponse, ici aussi, a été affirmative.

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

L'évaluation des impacts environnementaux (EIE) continue à faire l'objet d'études détaillées (p. ex. Shopley et Fuggle, 1984) et des propositions de cadres d'action (p. ex. Conover *et al.*, 1985a et 1985b). Deux éléments de l'EIE, en particulier, font encore l'objet de controverses. Le premier aspect de l'EIE, en cours d'élaboration, concerne le sens du terme «significatif» quand il est utilisé dans la phrase «impacts environnementaux significatifs». Des analyses récentes faites par Beanlands et Duinker (1983), Duinker et Beanlands (1986), Erdle et Baskerville (1986) traitent du sens du mot «significatif». Le deuxième aspect a trait aux impacts cumulatifs, dont l'importance a été reconnue par le Committee on Applications of Ecological Theory to Environmental Problems (CAETEP), du National Research Council's Board on Basic Biology des États-Unis, et par le Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale (CCREE). Dans l'introduction du compte-rendu d'un atelier États-Unis — Canada tenu en 1985, intitulé *Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, (CCREE et NRC des États-Unis 1986), on peut lire ce qui suit :

> *Le CAETEP et le CCREE ont estimé que les impacts cumulatifs des perturbations environnementales multiples des systèmes naturel et social nécessitaient une étude, car il ne semblait pas qu'il y avait de définition claire et non ambiguë de l'évaluation des impacts cumulatifs, malgré l'importance qu'on lui accorde. En outre, on se préoccupe de plus en plus du fait que les savants et les institutions ne travaillent pas à des échelles temporelles et spatiales qui conviennent à l'évaluation des impacts cumulatifs. En résumé, l'évaluation environnementale traditionnelle par projet ne convient pas à de nombreux problèmes environnementaux qui résultent de perturbations multiples et relèvent de diverses compétences.*

L'atelier de 1985 a exploré les questions ci-dessus et il en est résulté un certain nombre de recommandations sur la façon d'améliorer la gestion des impacts cumulatifs. À la suite de cet atelier, le CCREE a amorcé la présente étude de l'état des connaissances sur l'évaluation des impacts cumulatifs au Canada. Le CCREE a demandé qu'on lui fasse des suggestions sur les accords scientifiques et institutionnels requis pour orienter la recherche sur l'évaluation des impacts cumulatifs au Canada pendant les quelques années à venir. Entre temps, le CAETEP (1986) a également abordé le problème des impacts cumulatifs dans le rapport intitulé «*Ecological Knowledge and Environmental Problem Solving : Concepts and Case Studies*».

CENTRE D'INTÉRÊT DU CCREE

Le mandat de cette recherche précisait que le CCREE aimerait vérifier deux hypothèses : celle selon laquelle les impacts cumulatifs ont actuellement une incidence de plus en plus grande sur la qualité de l'environnement naturel et social et celle selon laquelle les méthodes actuelles d'analyse scientifique et d'accords institutionnels de gestion des impacts cumulatifs ne sont pas convenablement élaborées au Canada.

Il a été demandé de formuler des recommandations spécifiques, de façon à fournir une réponse aux questions suivantes :

- Quels problèmes environnementaux et quels écosystèmes méritent qu'on leur accorde la première place dans le domaine de la recherche sur les impacts cumulatifs au cours des 5 à 10 prochaines années?
- Quels paramètres ou critères doivent guider cet effort de recherche?
- Quelles étapes spécifiques faut-il suivre pour mettre en oeuvre un programme de recherche au cours des cinq prochaines années? Quelles mesures spécifiques doivent être immédiatement appliquées pour permettre une meilleure évaluation et un meilleur contrôle des impacts cumulatifs?

L'identification des changements récents apportés aux méthodes d'évaluation environnementale est une partie essentielle de l'étude. Ces changements ont été précisés dans la demande de projet du CCREE de la façon suivante. Avant les années 1970, les décisions de gestion environnementale étaient basées sur un processus de consultation en vertu duquel les divers organismes gouvernementaux commentaient les propositions de projet selon leurs mandats respectifs. Au cours des années 1970, le processus d'évaluation environnementale a été élaboré pour coordonner l'étude des projets qui étaient soumis et pour permettre de faire, projet par projet, une analyse scientifique plus poussée des points spécifiques à étudier. La méthode d'évaluation des impacts environnementaux correspondait à l'envergure et à la complexité sans cesse croissantes des projets, à l'incertitude accrue quant à la prévision des impacts, et au désir grandissant du grand public et des groupes d'intérêt spéciaux de participer au processus de prise de décision.

Plus récemment, des tentatives ont été faites pour élaborer des plans de gestion par zone ou par région afin que la mise sur pied de projets multiples puisse être évaluée dans un contexte géographique plus large. À titre d'exemple, citons l'évaluation de la qualité de l'eau des Grands Lacs, les objectifs de qualité de l'air des zones métropolitaines et les propositions d'aménagement dans le Nord canadien. Des efforts sont déployés actuellement pour lier la planification environmentale aux processus de consultation et d'évaluation des impacts. Cette recherche d'étapes spécifiques, pour faire en sorte que les différentes méthodes puissent être utilisées avec succès, constitue un encouragement à la présente étude.

La demande de projets du CCREE mentionnait que les limites temporelles et spatiales des organismes qui prennent les décisions ne coïncident pas toujours avec celles requises pour

l'analyse des impacts cumulatifs. Il y a cependant des exceptions comme lorsque des ententes ou des accords institutionnels spéciaux ont été pris pour coordonner les évaluations des impacts cumulatifs dans des cas spécifiques. L'Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs, de la Commission mixte internationale, en est un exemple typique.

Compte tenu des circonstances, le CCREE a aussi exprimé son intérêt pour les questions suivantes :

- Quelles sont les plus importantes questions relatives aux impacts cumulatifs auxquelles les Canadiens devront faire face au cours des 10 ou 20 prochaines années?
- Par rapport à la question ci-dessus, quelle devrait être la liste des priorités en matière de recherche?
- Lorsqu'on s'est attaqué spécifiquement aux impacts cumulatifs, quels facteurs scientifiques et institutionnels ont favorisé leur analyse et leur gestion?
- Quelle relation y a-t-il entre la multiplicité des organismes de contrôles et la gestion des impacts cumulatifs?
- Les processus de consultation et d'évaluation des impacts environnementaux spécifiques à un projet peuvent-ils être adaptés avec succès à la gestion des impacts cumulatifs?
- La gestion des impacts cumulatifs peut-elle être améliorée par des contributions venant de la planification environnementale régionale et des évaluations par zone?
- Quelles sont les étapes spécifiques nécessaires pour que les différentes méthodes puissent être utilisées avec succès?
- En se basant sur les connaissances actuelles, l'expérience collective et le cadre institutionnel existant, quels conseils peuvent être donnés à ceux qui ont la charge de s'attaquer aux questions relatives aux impacts cumulatifs, dans le cadre des procédures d'évaluation des impacts environnementaux et dans le cadre plus général des systèmes de gestion des ressources?

INTÉRÊT SOCIO-ÉCONOMIQUE

L'évaluation des impacts sociaux a fait l'objet d'un rapport distinct (CCREE, 1985) et n'entre pas dans la présente étude. Il est essentiel, cependant, de ne pas perdre de vue les liens entre les composantes : écosystème, recherche et gestion de l'évaluation des impacts cumulatifs (*voir la figure 4 au chapitre* 3). Ces liens et la place qu'occupent les aspects socio-économiques dans la gestion sont décrits au chapitre 3.

Des efforts considérables sont déployés actuellement dans tout le Canada, sous les auspices du Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement pour définir la portée et les variables à prendre en ligne de compte en vue d'évaluer les impacts sociaux. Selon ces études, l'évaluation des impacts sociaux serait un champ qui doit se développer avant qu'on puisse adopter des cadres analytiques largement admis et approuvés.

Deux critères-clés nous ont poussés à inclure des analyses socio-économiques dans la présente étude. Le premier est que les changements environnementaux et les processus qui semblent être cumulatifs font rarement l'objet principal de mesures visant à les atténuer, tant que leurs liens avec la santé ou les autres mesures économiques touchant au bien-être de l'homme ne sont pas admis. Le deuxième critère est la conséquence d'une décision délibérée de ne se pencher spécialement que sur les impacts socio-économiques, les processus ou les facteurs qui ont un effet cumulatif sur l'environnement. Évidemment, ceci exclut toutes sortes de changements sociaux et économiques cumulatifs touchant à la sociologie, à l'économie globale et à d'autres sujets complexes qui pourraient être analysés en propre, indépendamment de tout lien avec l'environnement biophysique.

ÉCHELLES DE TEMPS PRÉSENTANT DE L'INTÉRÊT

Comme l'indique le titre de ce rapport, la présente étude porte sur un programme d'action et un programme de recherche, ce qui implique l'utilisation d'échelles temporelles différentes selon qu'il s'agit de mesures immédiates ou de programmes de recherche. C'est pour cette raison que les recommandations qui résultent de cette étude se basent sur une des trois échelles temporelles arbitraires suivantes :

- les étapes qui peuvent être amorcées immédiatement pour améliorer l'évaluation et le contrôle des impacts cumulatifs;
- les étapes qui nécessitent de la recherche à court terme et des changements institutionnels d'une durée de trois à cinq ans;
- les étapes qui nécessitent de la recherche à long terme d'une durée de plus de cinq ans.

ÉCHELLE GÉOGRAPHIQUE PRÉSENTANT DE L'INTÉRÊT

La présente étude est axée sur l'évaluation des impacts cumulatifs au Canada, à une échelle nationale (canadienne), plutôt que sur les problèmes à l'échelle internationale, en particulier lorsqu'il s'agit de recommandations. Dans les études de cas sélectionnés ici (chapitre 5), des exemples d'échelle géographique «moyenne» ont été choisis. Cette échelle arbitraire s'applique à des écosystèmes qui pourraient comprendre, par exemple, un bassin hydrographique canadien important ou des processus atmosphériques régionaux touchant une grande partie du Canada. En se basant sur ce critère arbitraire, le groupe d'étude a choisi d'écarter les cas d'impacts cumulatifs qui se manifestent à un niveau local, comme par exemple l'étude d'un lac expérimental ou celle d'un site d'élimination d'effluents liquides. De même, les changements cumulatifs qui surviennent à l'échelle du globe, tels que l'accumulation bien connue de CO_2 dans l'atmosphère, la présence croissante de «brouillard arctique» dans l'Océan Arctique, de composés chimiques par l'industrie, n'ont pas été sélectionnés comme sujets d'une étude biophysique parce que leur échelle géographique est trop grande.

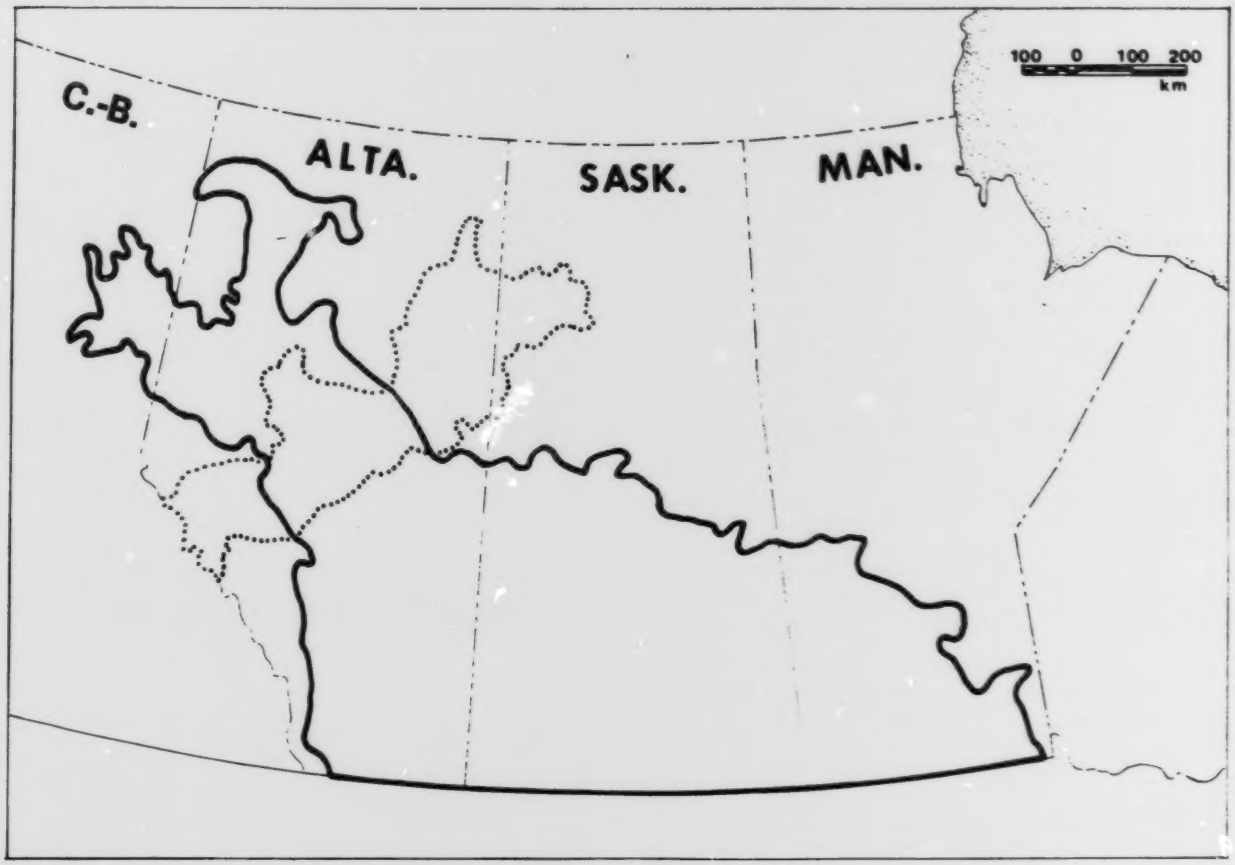


Figure 1. Emplacement de l'étude de cas du bassin de la rivière Athabasca (identifié par une ligne pointillée) et de l'étude de cas de la région des provinces des Prairies (identifié par une ligne pleine).

La décision d'omettre les impacts cumulatifs à l'échelle du globe n'avait pas pour but de réduire leur importance. Comme l'a bien fait valoir le CAETEP (1986), les principaux éléments entrant dans la composition des organismes — le carbone, l'azote, l'oxygène, le soufre et le phosphore — font partie des cycles globaux massifs qui mettent en jeu les composantes de la biosphère, tant vivantes qu'inertes. À l'exception du phosphore, ces éléments peuvent être présents sous forme de gaz et l'ampleur de leurs mouvements se trouve considérablement modifiée par les activités humaines. On sait maintenant que le flux actuel de soufre d'origine anthropique est approximativement égal à celui de son cycle naturel (Andreae et Raemdonck, 1983). L'importance de ces faits dans la gestion des impacts cumulatifs a été résumée par le CAETEP (1986) de la façon suivante :

> *Les changements que subissent les cycles biogéochimiques globaux touchent la solution des problèmes environnementaux dans des zones spécifiques et leur contrôle échappe aux gestionnaires. Mais, parmi les impacts cumulatifs des projets individuels, ce sont eux les plus importants, parce que les perturbations sont en grande partie la somme des apports de chacun des projets. En ce qui a trait au maintien d'une haute qualité de l'environnement, le plus grand défi consiste à trouver des moyens de réduire les effets des projets individuels sur les cycles biogéochimiques. Ceci implique que l'on doit traiter des impacts cumulatifs de nombre de projets.*

TROIS ÉTUDES DE CAS

Comme nous l'avons mentionné dans les sections précédentes, un des buts importants de cette étude consistait à examiner les aspects scientifiques et institutionnels de l'évaluation des impacts cumulatifs au Canada, afin d'identifier les problèmes ainsi que les recherches prioritaires pour un échantillonnage représentatif des environnements naturels. Comme il n'était pas possible d'examiner une vaste gamme d'écosystèmes, trois exemples (études de cas) ont été sélectionnés pour en faire une analyse plus détaillée (chapitre 5). Leur choix a été motivé par le fait que, pour obtenir le plus grand échantillon représentatif possible des environnements naturels, il était souhaitable d'inclure une étude de cas de

chacune des trois composantes principales de la biosphère, soit l'air, la terre et l'eau. Cette obligation nous a guidés dans le choix des membres du groupe d'étude qui ont été invités à répondre à la demande de projets du CCREE.

En ce qui concerne la composante «eau» de la biosphère, un exemple d'impacts cumulatifs tiré de l'environnement marin aurait pu être sélectionné; toutefois, les eaux marines ont été exclues parce que, d'abord, la demande de projets ne suggérait l'analyse que de deux ou trois études de cas, et qu'ensuite l'énoncé de travail de la présente étude spécifiait que «les environnements naturels comprennent les bassins hydrographiques, les lacs, les estuaires, les systèmes terrestres et l'atmosphère». Comme les eaux marines n'étaient pas spécifiquement mentionnées dans la demande de projets, il a été décidé que, si un estuaire devait être sélectionné pour faire l'objet d'une étude de cas, sa composante «eau douce» aurait priorité sur sa composante marine. Sur cette base, les spécialistes ont été invités à devenir membres d'un groupe d'étude qui, collectivement, aurait déjà de l'expérience dans le domaine des impacts cumulatifs liés aux composantes «atmosphère, terre et eau douce» de la biosphère et serait intéressé par la question. Il existait une grande gamme de cas spécifiques pour chacune des composantes ci-dessus et deux critères sur lesquels se fonder pour faire un choix. Le critère principal était l'expérience en recherche ou en gestion de l'environnement que possédait les membres du groupe d'étude. Nous n'avions que 120 jours pour effectuer l'étude et nous étions donc obligés de choisir comme sujets d'étude des cas que chaque membre de l'équipe connaissait bien personnellement. Nous avons tiré le deuxième critère de l'énoncé de travail du CCREE qui indiquait que les études de cas devraient être axées sur les cadres dans lesquels le problème des impacts cumulatifs a été spécifiquement abordé.

Les études de cas sélectionnées font ressortir les impacts cumulatifs dans lesquels l'atmosphère est le médium principal du mouvement de la source à l'organisme récepteur ou à l'habitat, en nous servant de l'essence au plomb comme exemple; les impacts cumulatifs dans les habitats aquatiques d'un bassin hydrographique important, le bassin de la rivière Athabasca, en Alberta; et les pratiques d'utilisation des terres, la fragmentation des habitats et les changements dans les sols dans les provinces des Prairies. L'emplacement du bassin de la rivière Athabasca est indiqué à la figure 1 dans la zone qui traverse l'Alberta en direction nord-est et qui comprend une partie du nord-ouest de la Saskatchewan. La région des provinces des Prairies sélectionnée comme étude de cas est indiquée par une zone ombrée et s'étend de la région de la rivière de la Paix, en Colombie-Britannique et en Alberta, en direction sud-est vers le sud du Manitoba. L'étude de cas portant sur l'essence au plomb est d'envergure nationale et, à la figure 1, la zone en question n'est pas identifiée géographiquement.

Les impacts cumulatifs reconnus qui peuvent être associés à des modifications ultérieures de la législation, des règlements, des procédures de planification ou des dispositions administratives sont des sujets du plus haut intérêt pour le CCREE. Les études de cas faisant l'objet du chapitre 5 ont surtout pour but d'examiner les mesures qui ont déjà été éprouvées, la façon dont on est parvenu à une décision et les facteurs qui ont influé sur la gestion des impacts cumulatifs.

CHAPITRE 2 : IMPORTANCE DES IMPACTS CUMULATIFS

Les impacts cumulatifs se produisent quand au moins un des deux faits suivants occupe une place importante : l'addition persistante d'une matière, d'une force ou d'un effet provenant d'une seule source, à une vitesse supérieure à celle de leur élimination; ou des effets composés résultant du groupement de deux matières, force ou effet qui, individuellement, peuvent ne pas être cumulatifs.

L'expression «impacts cumulatifs» transmet une idée d'accumulation ou d'augmentation progressive quelconque. L'augmentation progressive de la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère terrestre est un changement cumulatif; tel est également le cas en ce qui a trait à la perte d'azote des terres cultivables, aux pertes d'habitats de la faune dans les régions qui passent du stade d'écosystème non cultivé à celui d'écosystème cultivé, ou à la perte de sol et d'habitats due à l'érosion des côtes ou des terres. Pour des raisons de simplicité, le schéma des cheminements fonctionnels de base qui contribuent aux impacts cumulatifs (figure 2) identifie exactement les effets associés aux additions persistantes, mais il est bien entendu que les impacts cumulatifs qui résultent de la perte persistante d'un matériau, d'une force ou d'un effet à une vitesse plus élevée que celle de remplacement ont des cheminements fonctionnels analogues. Dans le seul but de simplifier la classification des impacts cumulatifs, nous supposons ici que les cheminements des impacts cumulatifs résultant d'une variable qui augmente progressivement peuvent être considérés comme égaux à ceux d'une variable qui diminue progressivement (figure 2). Les impacts cumulatifs qui tiennent à des processus de «grignotement» (CCREE et U.S. NRC, 1986) peuvent être contrôlés par des cheminements fonctionnels qui n'ont aucune ressemblance avec les cheminements résultant d'un processus additif. La figure 2 et les exemples du présent chapitre pourraient être répétés en se basant sur les impacts cumulatifs associés aux variables dont l'ampleur décroît; mais nous préférons laisser, pour une future recherche du CCREE, les distinctions qui seraient révélées par une duplication des concepts comme l'illustre la figure 2.

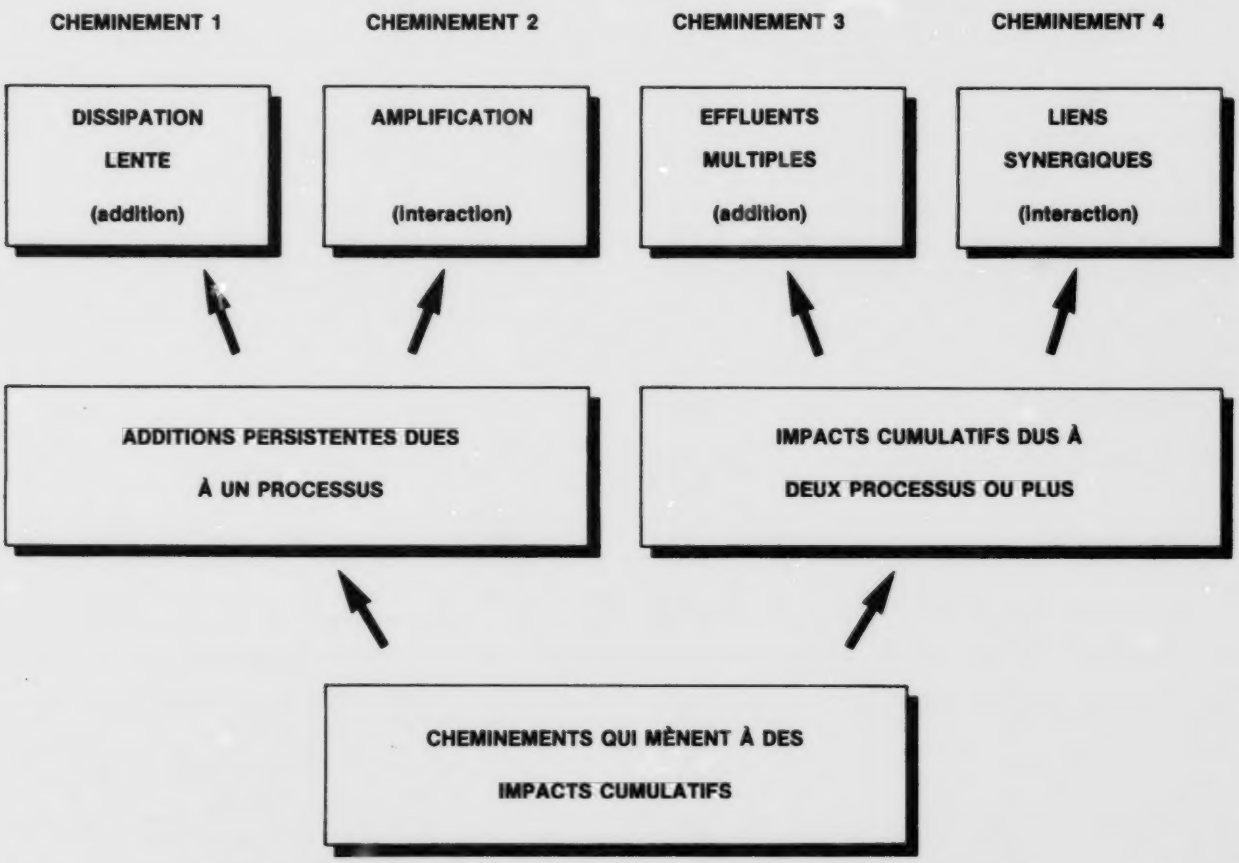


Figure 2. Cheminements fonctionnels de base qui contribuent aux impacts cumulatifs.

Sur chacune des deux branches illustrées à la figure 2 (impacts cumulatifs en fonction des additions persistantes), deux sortes de cheminements peuvent mener à des changements cumulatifs : les cheminements qui tiennent à des processus additifs et ceux qui résultent de processus interactifs et multiplicatifs.

Les fonctions des écosystèmes sont complexes et le processus qui est considéré avoir des impacts cumulatifs peut suivre des cheminements du type additif et d'autres du type interactif. En outre, un processus initialement additif parce que, à ce moment-là, il est le seul à entraîner des impacts cumulatifs dans une région, peut aussi, plus tard, devenir interactif lorsque d'autres processus ayant des impacts cumulatifs se superposent dans la même région. La transformation progressive de la forêt en écosystèmes dominés par de nouvelles espèces de jeunes arbustes, pourrait, en elle-même, être considérée comme un processus additif. Si, cependant, cette forme de transformation d'un écosystème est un incitatif au défrichage agricole ou aux tentatives d'élimination des arbustes par application répétée d'herbicide, il peut alors en résulter une variété d'impacts cumulatifs composés. Par conséquent, le schéma de la figure 2 n'a pas pour but de représenter quatre sortes d'impacts cumulatifs mutuellement exclusifs. On trouvera ci-dessous quelques exemples des quatre sortes de cheminements fonctionnels qui peuvent mener à des impacts cumulatifs. Les relations entre ces quatre cheminements de base et les autres façons de classer les impacts cumulatifs, particulièrement en ce qui concerne «l'encombrement dans l'espace» et «l'encombrement dans le temps», sont résumées dans ce chapitre.

CHEMINEMENT N° 1 — ADDITIONS PERSISTANTES DUES À UN PROCESSUS MAIS N'AYANT PAS DE RELATIONS INTERACTIVES

Les cycles biogéochimiques et les liens entre les composantes physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes, ainsi que les liens entre les systèmes biophysiques et socio-économiques, font qu'il est difficile de trouver des exemples d'impacts cumulatifs qui, d'une façon ou d'une autre, ne soient pas interactifs. Les impacts cumulatifs purement additifs, sans complications interactives, prévaudraient s'il existait un cheminement qui n'impliquerait pas de contact avec des organismes vivants. Un tel exemple hypothétique a peu de valeur pratique. Si des substances radioactives étaient ajoutées à l'eau, au sol ou à des sédiments à une vitesse supérieure à celle de la désintégration radioactive et si de telles substances ne faisaient pas visiblement l'objet d'une concentration dans la chaîne trophique, le processus serait un exemple du cheminement n° 1. L'expression «se dissipant lentement» est utilisée dans le cheminement n° 1 de la figure 2 pour décrire la situation dans cet exemple, en l'occurrence l'incapacité à disperser ou absorber les matières, les forces ou les effets à une vitesse égale ou supérieure à celle à laquelle ils entrent, agissent ou se produisent.

Un autre exemple de cheminement additif sans impacts interactifs ou amplificateurs serait l'addition progressive de déchets industriels dans des puits profonds servant de site de stockage, et donc l'addition graduelle de contaminants au réseau des eaux souterraines. Dans ce cas, le cheminement non interactif se maintiendrait probablement pendant un certain temps. Les eaux souterraines contaminées finiraient par entrer en contact biologique au lieu d'émergence des eaux souterraines ou par puisage des eaux souterraines par les hommes. À ce moment, divers impacts interactifs seraient possibles. Cet exemple laisse penser que, dans nombre de cas, il suffirait d'un délai pour qu'un cheminement purement additif de type n° 1 devienne un cheminement interactif de type n° 2. Il est possible aussi de se représenter un cheminement non interactif d'impacts cumulatifs mettant en jeu des organismes. Par exemple, Munn (1975) a présenté un organigramme basé sur les travaux de Sorensen (1971), qui identifiait un impact sur des coquillages marchands comme le résultat de l'augmentation cumulative dans une région urbaine dont la surface est imperméable et, par suite, l'augmentation de l'eau douce entrant dans les estuaires. Cet exemple d'un cheminement additif est illustré sous forme de schéma à la figure 3. Le cheminement sera de type 1 ou 3, selon que l'urbanisation est considérée comme un processus ou comme une combinaison de nombreux processus.

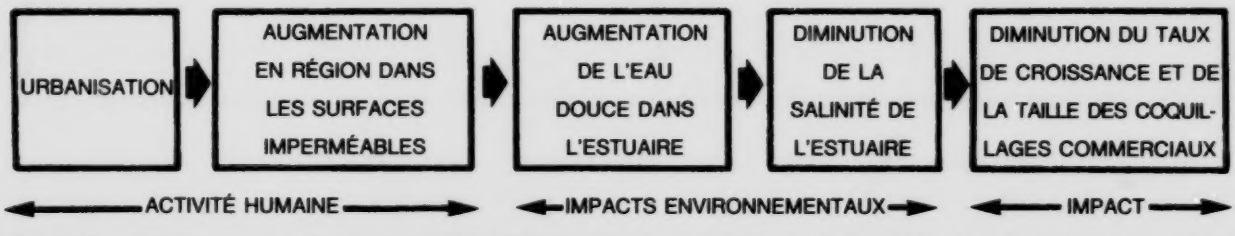


Figure 3. Impact sur les coquillages commerciaux dû à l'augmentation cumulative en région urbaine dans les surfaces imperméables et l'augmentation de l'eau douce entrant dans les estuaires qui en résulte, d'après les travaux de Sorensen (1971).

CHEMINEMENT N° 2 — ADDITIONS PERSISTANTES DUES À UN PROCESSUS INTERACTIF PAR SUITE DE BIO-AMPLIFICATION

La bio-amplification, ou amplification biologique, est un terme très utilisé pour désigner la concentration dans la chaîne trophique. C'est un sujet qu'a fait connaître Carson (1962) et qui a été étudié par Woodwell (1967) il y a une vingtaine d'années. La libération de certains radionucléides et pesticides persistants dans les écosystèmes est un excellent exemple des impacts cumulatifs dans le cheminement n° 2. Les chiffres publiés par Ophel (1963) pour un lac qui avait reçu des déchets atomiques de faible activité fournissent un exemple, au Canada, de concentration persistante de strontium 90 dans la chaîne trophique. Les données sont exprimées au tableau 1 sous forme de facteurs de concentration, c'est-à-dire de taux de concentration en radionucléides dans un organisme par rapport à la concentration dans l'environnement.

Il est évident que la gestion des impacts cumulatifs exige la connaissance des facteurs qui influent sur les processus écologiques tels que la concentration dans la chaîne trophique. Par exemple, bien que l'usage du DDT soit maintenant très réglementé en Amérique du Nord, son histoire est instructive parce qu'elle met en jeu un cheminement d'impacts cumulatifs dans lequel de très petites quantités d'un polluant non létal pour des organismes individuels sont finalement létaux pour des populations. Ce processus a été bien étudié par Hickey et Anderson (1968) qui ont démontré que les oiseaux de proie n'étaient pas directement tués par le DDT qu'ils ingéraient, mais que celui-ci et d'autres insecticides à base d'hydrocarbures chlorés font obstacle à la formation de la coquille des oeufs en causant la dégradation des hormones stéroïdes. La ponte d'oeufs fragiles qui en résulte dans l'immédiat a pour conséquence d'empêcher la reproduction fructueuse de l'espèce. Buckley (1986) a fourni une analyse détaillée des leçons de gestion de l'environnement qu'on peut tirer de l'expérience acquise avec le DDT.

Tableau 1

Facteurs de concentration du strontium 90 dans les différentes parties d'un cycle trophique aquatique (d'après Orphel 1963)

Composantes du réseau alimentaire	Facteur de concentration
Eau de lac	1
Sédiments de fond	20
Plantes aquatiques	300
Tissu de myes	750
Vairons	1 000
Os de castor	1 400
Arête de perche	3 000
Os de rat musqué	3 900
Os de vison	1 000
Chair de perche	5

Une étape essentielle de la gestion des impacts cumulatifs liés aux radionucléides consiste à reconnaître que les divers types d'écosystèmes ont des réactions différentes. Une étude des processus de concentration radio-écologique, effectuée par Aberg et Hungate (1967), a révélé que les facteurs de concentration, selon toute probabilité, seront plus grands dans des environnements pauvres en substances nutritives que dans ceux qui en sont riches. On est en droit de s'attendre aussi à ce que les facteurs de concentration soient plus grands dans les écosystèmes aquatiques que dans les écosystèmes terrestres, puisque les flux de substances nutritives dans le médium «léger» qu'est l'eau sont plus rapides que dans le médium «épais» qu'est le sol (Odum 1971).

CHEMINEMENT N° 3 — IMPACTS CUMULATIFS DUS À PLUSIEURS PROCESSUS AYANT DES IMPACTS MULTIPLES DU TYPE ADDITIF À NON INTERACTIF

On dit souvent que les régions où sont exécutés des travaux publics ou industriels successifs subissent des impacts sociaux et biophysiques cumulatifs. En fait, on admet communément que les impacts cumulatifs constituent un ensemble d'effets du développement économique qui ne peuvent être attribués à une source unique. Citons à titre d'exemple les rapports parus sous des titres du genre : *The Cumulative Impact of Development on the Rock and Granular Material Resources of the Mackenzie Delta Area* (Inglis 1976); *Cumulative Impact of Development of the Mackenzie Estuary/Delta, T.N-O.*, (McTaggart-Cowan 1975); et *Cumulative Socioeconomic Monitoring : Issues and Indicators for Canada's Beaufort Region* (Carley 1984). Encore plus récemment, Sadler (1986) déclarait : «Sous leur forme classique, cependant, les impacts cumulatifs s'ajoutent les uns aux autres à partir de sources de développement et/ou d'effluents multiples, qu'ils se combinent par simple addition ou de façon non linéaire.» O'Riordan (1986) a remarqué aussi que, généralement, par l'expression «évaluation des impacts cumulatifs», on entend à la fois l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'accumulation des impacts sur l'environnement d'un certain nombre de développements individuels.

Les auteurs cités plus haut traitent de ce qui pourrait être plus précisément appelé «accumulation d'effets divers» plutôt que processus contribuant à un impact cumulatif. La différence est subtile, mais elle vaut la peine d'être mentionnée. Dans la présente étude, les impacts multiples de ce genre ont été considérés comme un sous-ensemble du cheminement n° 3 (figure 2). Ce cheminement est jugé semblable à la classe cumulative que Clark (1986) a décrit comme des «impacts cumulatifs par nature», qui se produisent lorsque «différentes sortes de sources ont des conséquences identiques sur une composante de l'écosystème». Tel qu'il est résumé plus loin dans la section «Résumé des cheminements des impacts cumulatifs», ce cheminement est aussi illustré par les processus désignés sous le nom de «grignotement» (CCREE et NRC des É.-U. 1986).

Un exemple différent du cheminement n° 3 est celui basé sur la présence non synergique de dioxyde de carbone et de

fluorocarbures chlorés dans l'atmosphère. La concentration des deux composés augmente actuellement par suite des activités humaines, mais ils proviennent de processus différents. Tous deux peuvent augmenter la température de l'atmosphère, mais cet effet tient à des mécanismes différents (Bach 1984; Ferner 1979; Whelan 1985). Ce qui distingue le plus cet exemple du cheminement n° 4, c'est que le dioxyde de carbone et les fluorocarbures chlorés agissent indépendamment pour produire une augmentaion de température cumulative, mais qu'ils le font sans qu'il y ait d'interactions synergiques entre eux.

CHEMINEMENT N° 4 — IMPACTS CUMULATIFS DUS À PLUSIEURS PROCESSUS AYANT ENTRE EUX DES RELATIONS DE TYPE INTERACTIF À SYNERGIQUE

La synergie (cheminement n° 4 de la figure 2) suppose que l'effet total d'une interaction entre plusieurs agents est plus grand que la somme des effets des agents individuels. L'un des exemples de synergie le plus souvent cité est le «smog photochimique», que l'on considère plus toxique en présence de rayonnement ultraviolet d'origine solaire que les oxydes d'azote et les hydrocarbures dont ils dérivent. Le «smog photochimique» consiste en nitrate de peroxyacétyle (NPA) et en ozone qui provoquent tous deux une sécrétion exagérée des glandes lacrymales et des problèmes respiratoires chez les humains. De plus, l'ozone peut causer la mort des plantes en augmentant la respiration des feuilles; le NPA peut tuer les plantes en bloquant la photosynthèse (Taylor *et al.* 1961). On se demande maintenant si la croissance des jeunes plants d'arbres n'est pas altérée tout autant par les impacts cumulatifs des oxydes d'azote et des hydrocarbures que par ceux du dioxyde de soufre.

RÔLE SPÉCIAL DES SEUILS DANS LES CHEMINEMENTS DES IMPACTS CUMULATIFS

Les seuils ont été identifiés dans la demande de proposition du CCREE comme étant un aspect difficile de l'évaluation des impacts environnementaux. Le terme «seuil» et l'expression «impacts cumulatifs» on été utilisés pendant longtemps dans la documentation sur l'écologie. Par exemple Belyea (1952) a décrit ces concepts dans le cas de la réaction du sapin baumier à la défoliation causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette. L'étape essentielle à franchir maintenant consiste à transposer l'interprétation écologique de ces concepts en idées importantes pour l'évaluation des impacts cumulatifs. Les seuils sont particulièrement significatifs lorsqu'ils peuvent servir à indiquer des modifications fondamentales des fonctions ou du comportement d'un écosystème.

Il n'y a pas de définition simple de «seuil» lorsque ce terme est utilisé dans son acception écologique. Il désigne l'intensité ou la durée d'un stimulus nécessaires pour provoquer une réaction d'un organisme ou d'un écosystème. Aux fins de cette étude, le terme est pris dans son sens large, de façon à inclure plusieurs concepts qui lui sont reliés et plusieurs expressions qui sont utilisées comme synonymes. À titre d'exemple, disons que le CAETEP (1986) parle de «limites de stabilité ou seuils» et May (1977) de «seuils et points optimaux». Des concepts voisins font appel à l'idée que les ensembles naturels composés de nombreuses espèces de plantes et d'animaux ont «plusieurs points d'équilibre différents» (May 1977) et que des écosystèmes compliqués peuvent avoir beaucoup d'autres «états stables» (Loucks 1985; May 1977).

Les seuils ont été utilisés en recherche appliquée de différentes façons. Par exemple, leur utilisation dans des analyses portant sur des dépôts acides dans des écosystèmes aquatiques a été décrite par Newcombe (1985). Les recherches européennes sur les effets de l'accumulation des polluants dans les écosystèmes forestiers (Ulrich et Pankrath, 1983) ont porté sur les seuils à partir desquels les métaux lourds provoquent des dommages aux racines des plantes. En Europe, les chercheurs continuent de faire des essais pour vérifier les concepts de tension et de contrainte que Levitt (1980) a empruntés à la physique pour les introduire en biologie. Plusieurs hypothèses actuelles sur les mécanismes selon lesquelles les dépôts acides jouent un rôle important dans la déstabilisation des écosystèmes forestiers sont suffisamment pertinentes pour que le CCREE envisage d'autres recherches en rapport avec l'évaluation des impacts cumulatifs au Canada.

Les processus cellulaires et physiologiques nous aident particulièrement à améliorer notre compréhension des seuils. Par exemple, chez les mollusques marins le système lysosomal de la cellule est un centre important d'accumulation des polluants qui pénètrent dans l'animal. Au-dessus d'une certaine concentration, les composés polluants finissent par endommager les membranes lysosomales, ce qui a des conséquences toxiques pour les cellules. Le résultat cumulatif de ces événements, au niveau cellulaire, est une augmentation du taux de renouvellement des protéines qui, s'il est suffisamment élevé, peut modifier le quotient d'azote du métabolisme de l'animal et réduire ses possibilités de croissance. Ce couplage des réactions aux niveaux biologique, cytologique et physiologique laisse supposer qu'elles pourraient servir d'indice toxicologique intégré des impacts cumulatifs (Bayne 1985).

En résumé, bien que les seuils ne soient pas une définition des impacts cumulatifs, ils sont d'une importance capitale pour le sujet. Bien trop souvent, les événements associés à l'apparition d'un seuil dans un système biophysique servent à amorcer la reconnaissance administrative et socio-économique du problème des impacts cumulatifs. Ce fait indique que les programmes d'action et la recherche, axés sur les signes avant-coureurs, sont de bien meilleures façons d'aborder l'évaluation des impacts cumulatifs que ceux basés sur des mesures ayant pour but de diminuer ou de renverser les changements cumulatifs qui ont atteint certains points de changement (seuils) chimiques, biologiques ou économiques. Ceci ne constitue pas une nouveauté parce que, comme les humains, les écosystèmes se prêtent mieux aux programmes de planification environnementale et de gestion basés sur la prévention qu'à ceux basés sur le traitement.

RÉSUMÉ DES CHEMINEMENTS DES IMPACTS CUMULATIFS

Les quatre cheminements décrits au chapitre 2 englobent les divers concepts d'impacts cumulatifs dans un cadre relativement simple. Clark (1986) a axé ses recherches sur diverses sources de perturbation de l'environnement qui frappent la même composante environnementale importante et il a signalé que :

> *La nature «multiple» caractéristique des sources d'impacts cumulatifs peut se manifester de trois façons : la même sorte de source se manifeste suffisamment fréquemment au cours du temps; le nombre de sources de même nature est suffisamment grand dans un même espace; différentes sortes de sources imposent des conséquences identiques pour une composante environnementale importante.*

Dans les conclusions et les recommandations de l'atelier sur les impacts cumulatifs de 1985, le CCREE et le NRC des É.-U. (1986) ont présenté une classification qui comprenait cinq types d'impacts cumulatifs. Les cinq mêmes catégories ont été utilisées par le CAETEP (1986). Elles figurent dans la liste ci-dessous en face des quatre cheminements proposés dans ce rapport (figure 2).

Types d'impacts cumulatifs énumérés par le CCREE et le NRC des É.-U. (1986) et le CAETEP (1986)	Cheminement fonctionnel équivalent défini dans ce rapport:
Nombreuses perturbations au cours d'une période donnée	Cheminements n° 1 et n° 3
Nombreuses perturbations dans un espace donné	Cheminements n° 1 et n° 3
Synergies	Cheminement n° 4
Effets indirects	Potentiellement tous les cheminements
«Grignotement»	Cheminements n° 1 et n° 3

Les comparaisons ci-dessus indiquent que les perturbations nombreuses dans le temps, celles qui sont nombreuses dans un espace donné et le grignotement sont les aspects dominants des cheminements additifs n° 1 et n° 3, qu'ils proviennent d'une source (processus) unique ou de sources (processus) multiples. On pourrait avancer que les perturbations nombreuses dans le temps, les perturbations nombreuses dans un espace donné et le grignotement peuvent survenir dans les quatre cheminements fonctionnels illustrés à la figure 2. Cependant, dans le cas des processus interactifs (cheminements n° 2 et n° 4) d'autres processus fonctionnels jouent un rôle prépondérant. Les synergies qui résultent des impacts cumulatifs de plusieurs types différents de perturbation sont, évidemment, un type distinct d'impact cumulatif (cheminement n° 4) et il en est de même pour l'amplification biologique (cheminement n° 2). Le CCREE et le NRC des É.-U. (1986) n'ont pas fait de distinction entre l'amplification biologique et les autres formes de perturbations nombreuses dans le temps ou nombreuses dans un espace donné, bien que la bioaccumulation ait été reconnue par Beanlands et Duinker (1983) comme point de départ éventuel en vue d'une stratégie pour l'évaluation des impacts environnementaux.

L'étude de cas portant sur le bassin de la rivière Athabasca et celle sur les provinces des Prairies contiennent plusieurs exemples d'impacts cumulatifs qui proviennent de cheminements indirects. Toutefois, la présente étude nous laisse peu de raisons de croire qu'un type distinct d'impact cumulatif a été associé à des «effets indirects» produits à des moments ou des distances éloignés de la perturbation initiale, ou par un cheminement complexe. Aux fins de cette étude, les «effets indirects», tels qu'ils sont définis par le CCREE et le NRC des É.-U., peuvent être associés à n'importe lequel des quatre cheminements illustrés à la figure 2.

La nécessité de s'intéresser davantage aux cheminements qui ont pour résultat des impacts cumulatifs a été soulignée par Clark (1986), qui a suggéré qu'un des rôles les plus utiles de la science, dans l'évaluation des impacts environnementaux, était de réduire autant de problèmes apparemment cumulatifs qu'il est possible à de simples cas n'ayant qu'une seule cause et qu'un seul impact. Une autre raison pour s'intéresser spécialement aux cheminements tels que ceux illustrés à la figure 2, est qu'il y a une tendance à considérer comme cumulatif tout impact environnemental à long terme ou tout impact qui se répète à intervalles réguliers. Certains impacts environnementaux sont connus pour être répétitifs ou cycliques; mais, pour de nombreux autres, la question de savoir si les processus en jeu sont cumulatifs exige, en fait, de la recherche. Il existe nombre de processus à long terme et répétitifs, peut-être aussi manifestes, mais ceci ne veut pas obligatoirement dire qu'ils sont cumulatifs. Un exemple de ces derniers serait l'épandage de matières organiques sur la terre. Il peut s'agir de produits des récoltes agricoles, horticoles ou sylvicoles. Leur décomposition par les bactéries du sol n'a normalement aucun effet nuisible; ce ne serait pas le cas si de grandes quantités de déchets organiques étaient déposées dans des écosystèmes aquatiques. Un autre exemple de processus répétitif qui ne devrait pas entraîner des impacts cumulatifs est la libération de radionucléides qui présentent peu d'intérêt écologique, étant donné leur très courte période et parce qu'ils ne se concentrent pas en passant dans la chaîne trophique (Jordan, 1986).

CHAPITRE 3 : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉVALUATION DES IMPACTS CUMULATIFS

Aux fins de la présente étude, un cadre théorique a été imaginé. Il est constitué de trois composantes reliées entre elles : une composante «éco-système», une composante «recherche» et une composante «gestion». Ce cadre est illustré à la figure 4; les trois colonnes, vues en coupe, représentent les composantes «écosystème, recherche et gestion». La gestion des impacts cumulatifs demande une intervention le long des trois liens horizontaux qui sont décrits comme des liens «recherche-écosystème», des liens «recherche-gestion» et des liens «écosystème-gestion». Verticalement, les trois colonnes représentent une connexion ininterrompue entre les impacts cumulatifs à une échelle géographique locale (coupe du bas), régionale (coupe du milieu) et globale (coupe du haut).

La représentation tridimensionnelle du cadre schématique théorique (figure 4) rappelle au lecteur l'importance des relations spatiales des problèmes environnementaux. Ce sujet a été documenté par le CAETEP (1986) dans un chapitre distinct, et Sadler (1986) a fait ressortir que, finalement, la qualité de l'environnement est indivisible, tant sur le plan régional que global. Ce continuum oblige à se demander à quelles échelles géographiques on devrait essayer d'intégrer et de développer des perspectives sur les impacts cumulatifs. Les trois tranches arbitraires qui coupent le continuum vertical à la figure 4 n'ont pas pour but de nier les liens entre les impacts cumulatifs locaux et ceux qui se manifestent régionalement ou entre les impacts régionaux et globaux. Les trois positions verticales représentent tout simplement les niveaux auxquels les problèmes sont habituellement perçus. Lorsqu'il s'agit de la gestion des impacts cumulatifs, les efforts sont déployés surtout à l'échelle locale et, pourtant, les trois études de cas de la présente étude (chapitre 5) révèlent que les impacts cumulatifs importants se font généralement sentir à une échelle régionale. Les impacts cumulatifs à l'échelle globale n'ont pas été analysés dans cette étude.

COMPOSANTE «ÉCOSYSTÈME»

Les cheminements qui mènent à des impacts environnementaux cumulatifs sont ceux à l'intérieur des écosystèmes. Le fait même qu'il soit plus facile de penser à des exemples de cheminements interactifs plutôt qu'additifs est un indice que les impacts cumulatifs biochimiques se produisent en grande partie à cause des liens fonctionnels entre l'atmosphère, la terre, l'eau douce et l'eau salée de même que les organismes qui vivent dans chacune de ces parties de la biosphère.

Les écosystèmes dans lesquels se produisent des impacts cumulatifs supportent des échanges d'énergie et de matière entre l'air, l'eau, la terre et les organismes. Comme l'indique la figure 4, les termes techniques correspondant à ces quatre subdivisions sont l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et la biosphère. Dans la présente analyse, ces termes ont été utilisés dans leur sens large à savoir : l'atmosphère comprend la stratosphère et la troposphère, même si, dans les faits, l'homme s'intéresse surtout à la couche la plus proche de la terre (la troposphère), l'hydrosphère comprend tout le cycle hydrologique, y compris l'humidité de l'atmosphère, l'eau douce de surface, l'eau de mer, l'humidité du sol et les eaux souterraines, la lithosphère inclut le sol, les roches ainsi que les ressources minérales et pétrolières, quant à la biosphère, elle comprend les organismes vivants et morts, y compris l'homme.

L'inclusion de l'homme dans l'écosystème nécessite quelques commentaires additionnels. Il y a deux façons de considérer la place de l'homme dans le modèle illustré à la figure 4. L'une consiste à penser à l'homme en tant qu'être agissant et gestionnaire et, dans ce cas, les aspects socio-économiques de l'évaluation des impacts cumulatifs se situent dans les deux colonnes intitulées «composante recherche» et dans les trois plans qui relient les trois colonnes (figure 4). C'est là le principal centre d'intérêt de la présente analyse.

L'autre façon de voir la place de l'homme dans ce modèle est de considérer l'espèce humaine comme une partie de la biosphère. Nous ne rejetons pas cette vue, et c'est pourquoi l'homme est considéré comme inclus dans la composante de l'écosystème de la figure 4, comme l'ont fait aussi des analystes tels que Barrett (1985). Toutefois, pour définir un programme d'action et un calendrier de recherche pour l'évaluation des impacts cumulatifs, nous avons considéré qu'il était plus approprié de se concentrer sur les activités socio-économiques et institutionnelles de l'homme, en dépassant le rôle joué par l'homme en tant qu'espèce dominante de la biosphère.

La biosphère soulève une autre question en rapport avec le niveau d'intégration auquel les impacts cumulatifs sont étudiés et gérés. Les niveaux d'intégration habituellement reconnus comprennent la cellule, le tissu, l'organe, le système d'organes, l'organisme individuel, la population, la collectivité et l'écosystème. Quant à l'évaluation des impacts cumulatifs, il est intéressant de noter un rappel récent de Kimmins (1985) quant à l'importance de choisir un niveau d'intégration valable :

> *Un des articles canadiens les plus importants dans le domaine de l'écologie a été rédigé par Rowe (1961). Il y a fait remarquer que les systèmes biologiques peuvent être classés en «véritables niveaux d'intégration biologique». Ces niveaux peuvent être définis comme l'environnement total des niveaux d'organisation biologique en dessous d'eux. Trois «véritables niveaux d'intégration» sont identifiés : les cellules, les individus et les écosystèmes. Ni les populations, ni les collectivités ne sont de véritables «niveaux d'intégration», bien qu'elles soient des niveaux légitimes d'organisation biologique et des sujets d'étude. Les populations ne constituent pas l'environnement total des individus, pas plus*

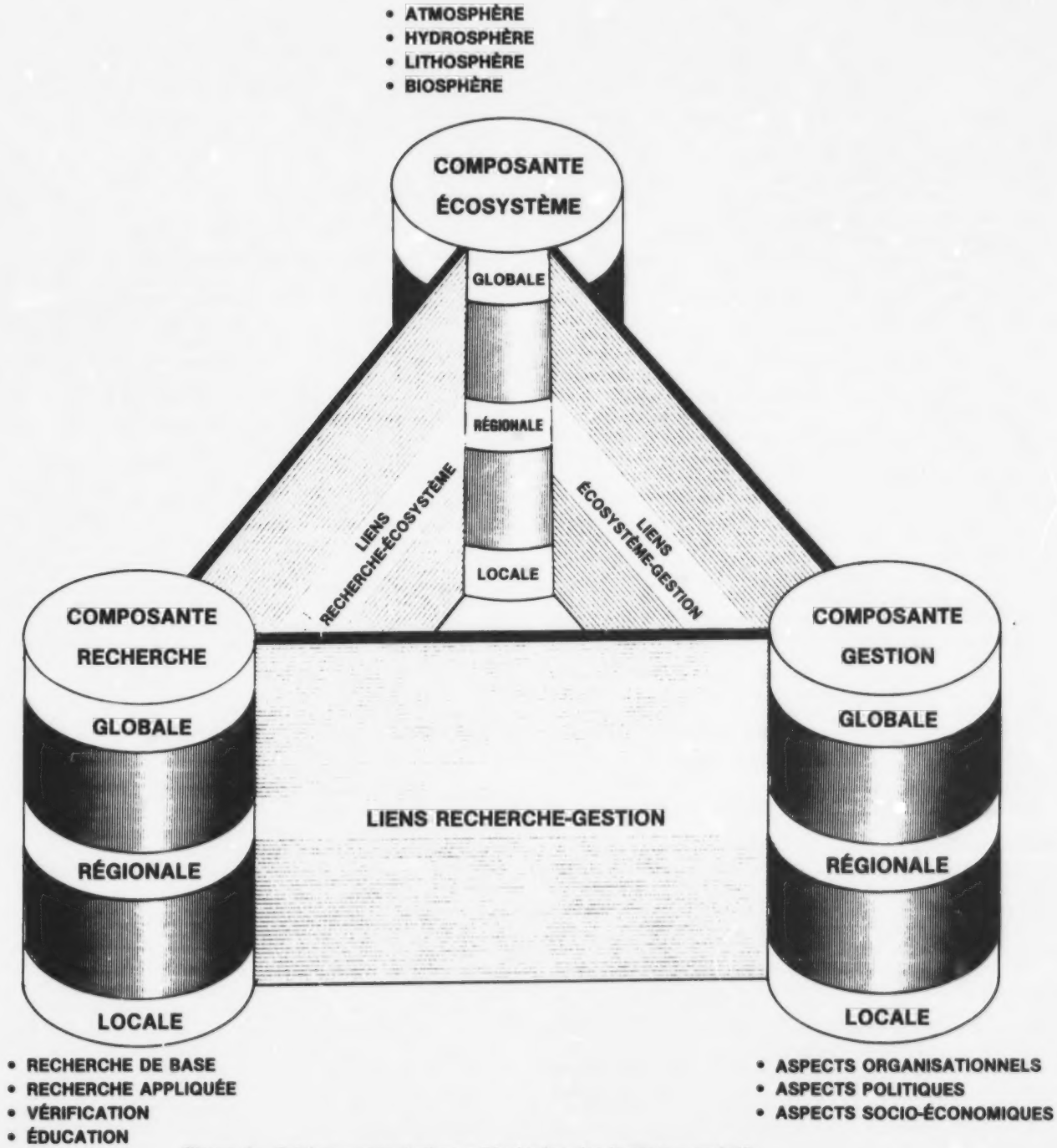


Figure 4. Schéma conceptuel pour l'évaluation des impacts cumulatifs.

que les collectivités ne sont l'environnement total des populations ou des individus.

L'importance accordée aux cellules, aux individus et aux écosystèmes comme étant les niveaux d'intégration les plus appropriés se réflète dans les recommandations du chapitre 7. Cette suggestion ne sera pas universellement acceptée parce que de nombreux chercheurs préfèrent axer leurs travaux sur d'autres niveaux d'intégration. Par exemple, Buffington (1976) a englobé les populations et les collectivités dans la définition de l'importance des impacts :

Un impact est important s'il en résulte un changement mesurable par un programme d'échantillonnage statistiquement valable et s'il persiste, ou si on s'attend à ce qu'il persiste pendant un bon nombre d'années au niveau de la population, de la collectivité ou de l'écosystème.

L'étude de cas portant sur la fragmentation de l'habitat de la chouette tachetée, effectuée par le CAETEP (Salwasser 1986), examine aussi de petites populations isolées, comme l'avait fait l'étude de cas portant sur le caribou de Terre-Neuve (Kiell *et al.*, 1986). C'est aussi le cas de la méthode d'examen préalable proposée par Duval *et al.*, (1985) pour les premières étapes d'un processus d'évaluation des impacts environnementaux qui ont été axées sur les populations.

Les gestionnaires de l'environnement semblent avoir une faible idée de l'importance qu'il y a à faire effectuer les analyses de problèmes au niveau approprié d'intégration, au sein des écosystèmes. Le niveau d'intégration auquel les processus spécifiques et les problèmes reçoivent l'attention la plus grande et la plus appropriée est un sujet complexe dont le CCREE devrait se préoccuper davantage.

COMPOSANTE «RECHERCHE»

Comme le laisse entendre le titre du présent rapport, l'accent a été mis dans cette étude sur les deux colonnes au bas du schéma théorique à la figure 4. La recherche recommandée pour soutenir l'évaluation des impacts cumulatifs est centrée sur la colonne «composante recherche» et, plus spécifiquement, sur ses liens horizontaux avec les composantes «écosystème et gestion». Comme le montrent bien les recommandations figurant à la fin de cette étude, la recherche en vue de mieux connaître les cheminements fonctionnels des impacts cumulatifs (figure 2) est représentée comme l'activité dominante dans la section intitulée «liens recherche-écosystème» de la figure 4. La recherche sur les aspects institutionnels de la gestion des impacts cumulatifs, qui comporte les influences organisationnelles, législatives, politiques et socio-économiques sur les étapes de gestion, est l'activité dominante dans la section intitulée «liens recherche-gestion».

La composante recherche de l'évaluation des impacts cumulatifs a fait l'objet d'une interprétation assez large, de façon à inclure quatre différentes sortes d'activités : i) la recherche de base sur des sujets comme les cheminements fondamentaux (figure 2); ii) la recherche appliquée sur des sujets tels que les stimulants économiques destinés à réduire les activités qui entraînent des impacts cumulatifs ou des méthodes techniques visant à renverser les tendances cumulatives; iii) la surveillance des conditions et des tendances des systèmes biophysiques ou sociologiques; et iv) l'éducation. Cette dernière pourrait comprendre, par exemple, la rédaction de manuels sur les techniques analytiques de l'évaluation des impacts cumulatifs, qui serait une activité faisant partie de la section intitulée «liens recherche-gestion» à la figure 4. Étant donné la constitution de l'équipe d'étude, l'accent a été mis dans cette étude sur les recommandations en matière de recherche et de surveillance; mais il n'est pas question pour nous de diminuer l'importance des étapes d'éducation requises par les aspects organisationnels, législatifs, politiques et sociaux de la composante «gestion».

En ce qui a trait aux échelles temporelles présentant de l'intérêt pour le CCREE (chapitre 1), une grande partie de la recherche de base et de la surveillance recommandées exige des efforts à long terme, d'une durée de plus de cinq ans. Une partie de la recherche appliquée ou de l'éducation peut être effectuée à l'aide de programmes qui s'étalent sur une période de trois à cinq ans.

COMPOSANTE «GESTION»

Les trois principaux aspects de la composante «gestion» (figure 4) sont les influences organisationnelles, politiques et socio-économiques. Ces trois aspects sont décrits brièvement dans les paragraphes ci-dessous. Les activités qui peuvent prendre place dans les liens entre la composante «gestion» et la composante «recherche», ont été décrites plus haut dans la section «composante recherche». Dans la section horizontale intitulée «liens écosystème-gestion» (figure 4), l'activité dominante est l'application et l'évaluation de toutes les méthodes et de tous les niveaux auxquels des impacts cumulatifs peuvent être traités, depuis l'évaluation de projets spécifiques jusqu'à la planification environnementale dans son sens le plus large.

Aspects organisationnels de la composante «gestion»

À la figure 4, on trouve l'expression «aspects organisationnels», plutôt que «aspects institutionnels» parce que, à tort, ce dernier prend quelquefois un sens restreint et se rapporte surtout aux activités reliées au gouvernement. La deuxième hypothèse mise de l'avant par le CCREE, selon laquelle la façon actuelle d'aborder l'analyse scientifique et les accords institutionnels, destinés à gérer les impacts cumulatifs, n'est pas adéquatement mise au point au Canada, a été étudiée dans le cadre d'une grande gamme d'accords institutionnels. Ces derniers ne comprenaient pas seulement les accords institutionnels pouvant servir à mettre en oeuvre le cadre théorique, tel que le décrit le chapitre 4, mais aussi d'autres caractéristiques en rapport avec les promoteurs qui sont soumis à la réglementation, perspective conforme à la recommandation du CAETEP (1986) selon laquelle certains projets peuvent avoir pour rôle de servir à des expériences à grande échelle. Ce dernier but exige de toute évidence un cadre qui ait des liens écosystème-gestion suffisamment

grands pour inclure le rôle de l'industrie dans l'évaluation des impacts cumulatifs.

Aspects politiques de la composante «gestion»

Dans la présente étude, l'expression «aspects politiques» est prise dans son sens large et comprend les aspects législatifs. Un certain nombre de facteurs politiques, dans le domaine de la gestion des impacts cumulatifs possibles, ne peuvent être négligés. Le premier est qu'il faut une volonté politique d'agir avant qu'un accord institutionnel puisse être appliqué ou avant qu'une décision bien fondée puisse être prise. Cela a pour corollaire que le système de gestion des impacts cumulatifs doit relever des représentants élus. La gestion doit aussi inspirer confiance au public, prouver qu'elle est efficace et qu'elle garantit la conformité à ses exigences. Cela exige de bonnes relations publiques et peut nécessiter des mesures visant à permettre au public d'exprimer son opinion sur le processus de gestion.

Les prises de décision ne se font pas en vase clos. Par exemple, les réalités politiques liées à l'emploi peuvent avoir plus d'importance que les considérations environnementales. De plus, les décisions sont prises dans le climat du moment. Comme les considérations politiques jouent un très grand rôle, il faut accorder une extrême importance au comportement des groupes et des individus, lorsqu'il est question de modifier ou d'étendre le système courant de gestion habituel.

Aspects socio-économiques de la composante gestion

Les conséquences sociales et économiques des impacts environnementaux cumulatifs sont l'élément dominant des liens entre la composante écosystème et la composante «gestion» de la figure 4. Les liens entre les impacts cumulatifs, les impacts socio-économiques et les institutions sont illustrés à la figure 5.

Les impacts cumulatifs dont il est question dans le présent rapport sont d'origine biophysique, et le cadre socio-économique de cette analyse a ses racines dans les changements biophysiques et non dans les impacts résultant de tendances générales d'ordre social ou économique. Par exemple, les impacts cumulatifs sur la santé et les questions économiques reliées à l'essence au plomb sont examinés, tandis que les tendances sociologiques générales, comme par exemple l'augmentation de la violence dans les milieux urbains, ne le sont pas.

Les organismes chargés de la gestion de l'environnement, tels qu'ils existent actuellement, sont orientés de façon à répondre à des impacts environnementaux plus «traditionnels». La question est de savoir si la structure en place peut identifier des impacts environnementaux cumulatifs et y réagir. La perspective sociale et économique dominante actuelle est que, si des impacts cumulatifs ne sont pas identifiés ou sont écartés au niveau biophysique, ils ne seront identifiés qu'au moment de la manifestation d'impacts sociaux ou économiques cumulatifs sur les humains. Par exemple la preuve scientifique permet de penser qu'il est impératif de confiner et d'éliminer les déchets toxiques. Cependant, les structures

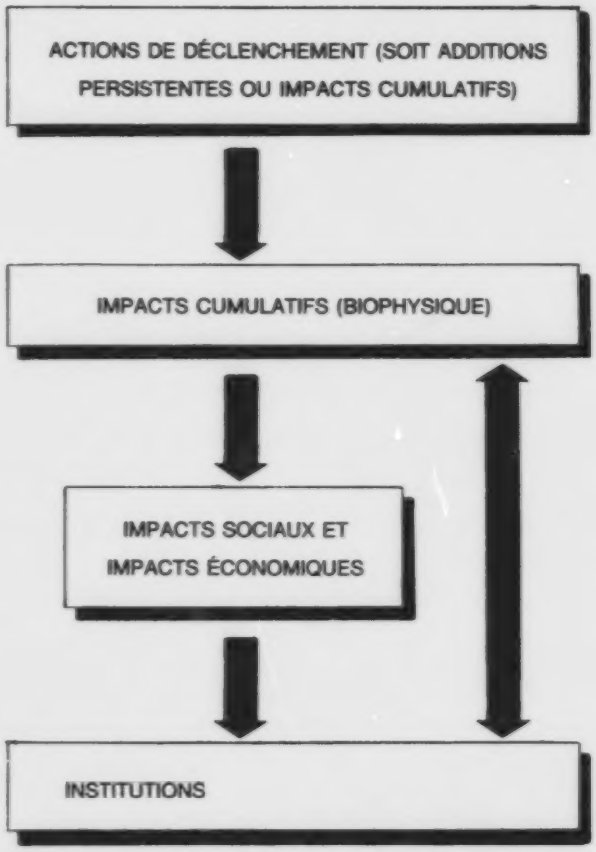


Figure 5. Liens entre les impacts cumulatifs, les impacts socio-économiques et les institutions.

institutionnelles pour y parvenir échouent habituellement, jusqu'à ce qu'un exemple des impacts sur la santé en fasse prendre conscience au public.

Les impacts cumulatifs d'ordre social et économique sont, pour la plupart, une conséquence indirecte ou un deuxième niveau d'impacts qui surviennent si le système institutionnel ne parvient pas à identifier et à contrer directement les impacts environnementaux cumulatifs. Les relations illustrées à la figure 5 montrent que des impacts cumulatifs peuvent être identifiés soit directement par le système de gestion de l'environnement, soit indirectement en réagissant à l'incidence sociale et économique des impacts cumulatifs.

Les impacts cumulatifs directs d'ordre social et économique, qui peuvent résulter d'une combinaison d'actions initiales, telle que celle illustrée par le cheminement nº 3 de la figure 2, font exception au cas ordinaire décrit ci-dessus. Les exemples en sont nombreux dans les régions relativement éloignées, où des projets de développement multiples risquent d'avoir des impacts cumulatifs biophysiques. Cependant, l'impact premier est que le mode de vie des résidants de la région peut être

altéré par les impacts multiples (cumulatifs) des projets de développement.

L'émergence d'un impact social ou économique majeur relié à un impact cumulatif suppose que les systèmes de gestion environnementale ne sont pas parvenus à identifier les changements cumulatifs. Dans ce cas, les mécanismes d'identification ou de gestion environnementale n'ont tout simplement pas réagi à la preuve biophysique initiale. La question importante est donc de savoir comment les impacts indirects d'ordre social ou économique, associés aux impacts cumulatifs, peuvent être incorporés au système d'identification, à la planification environnementale et à la gestion.

CHAPITRE 4 : POSSIBILITÉS D'ACCORDS INSTITUTIONNELS DESTINÉS À CONTRER LES IMPACTS CUMULATIFS DÉCELÉS

La présente section est plus spécialement consacrée aux liens «écosystème-gestion» indiqués dans le cadre théorique (figure 4), et elle décrit quatre grands accords institutionnels conçus pour s'attaquer aux impacts cumulatifs et identifier certains des liens qui existent entre l'évaluation des impacts cumulatifs, la planification environnementale et l'évaluation des impacts environnementaux.

Une grande partie de la documentation sur les impacts cumulatifs traite de la reconnaissance et de l'évaluation des impacts, plutôt que des moyens de les contrer. Il est suggéré qu'un programme de mesures portant sur les impacts cumulatifs comporte quatre étapes. La première étape consiste à reconnaître l'existence d'un problème éventuel (liens recherche-écosystème, figure 4). Il peut s'agir de soupçons d'une personne bien renseignée, d'une prévision résultant d'une analyse scientifique ou technique ou de la détection des impacts eux-mêmes. Autrement dit, la détection d'un problème possible peut être intentionnelle ou accidentelle. Une deuxième étape devrait suivre : celle de l'évaluation des faits, de leur ampleur et de leurs conséquences probables (liens recherche-écosystème, figure 4). La troisième étape devrait consister à formuler une réponse appropriée (liens recherche-gestion, figure 4) et la quatrième étape serait de prendre des mesures concrètes (liens «écosystème-gestion», figure 4).

Il existe des accords institutionnels qui ont contribué à l'identification d'impacts cumulatifs et qui ont aidé à déterminer leur mode d'action. On ne peut pas dire, cependant, qu'il existe des accords institutionnels qui ont permis d'agir efficacement en vue d'atténuer ou de contrôler tous les impacts cumulatifs qui vont au-delà des simples limites de compétence. C'est pour cette raison que, dans ce rapport, le traitement des accords institutionnels est axé sur les deux dernières des quatre étapes que nous avons mentionnées plus haut.

Les quatre étapes suggérées sont parallèles aux éléments séquentiels du modèle général d'évaluation des impacts environnementaux au Canada et aux États-Unis, comme le mentionne ESSA (1982). Ce processus a été mis au point pour traiter des projets individuels et, en général, on s'attend à ce que les promoteurs de projets spécifiques identifient les impacts et proposent des mesures pour les éviter ou les atténuer. La plupart des impacts cumulatifs identifiés à ce jour ne se limitent pas à de petites régions, à des éléments d'un écosystème particulier ou à des mandats politiques spécifiques, il est donc plus difficile de savoir comment définir et mettre en oeuvre des moyens de réagir à ces impacts que de savoir comment les déceler.

Les organismes chargés d'intervenir sont les mieux placés pour tenir compte des conseils relatifs à leur intervention. Par conséquent, un accord institutionnel qui permet de gérer la troisième et la quatrième étape identifiées plus haut devrait pouvoir garantir que la première et la deuxième étapes ont été franchies. Le véritable problème, lorsqu'il s'agit de traiter des impacts cumulatifs, est de s'assurer que les organismes obtiennent les informations nécessaires, effectuent des analyses d'objectifs et prennent les mesures qui s'imposent. Comme le fait remarquer Fox (1986), cela constitue réellement un problème pour les experts en sciences sociales, préoccupés par les organisations humaines et les gouvernements. On trouvera au chapitre 7 les recommandations relatives à ce problème.

Toute tentative de contrôle des impacts cumulatifs par la voie juridique a peu de chance d'aboutir, étant donné qu'il est difficile d'attribuer la responsabilité des impacts cumulatifs à tous ceux qui peuvent y contribuer. En fait, les impacts ne peuvent être contrôlés que par un organisme disposant de la vaste gamme de pouvoirs nécessaires pour planifier, promouvoir et réglementer l'activité économique, c'est-à-dire le gouvernement. Si l'on envisage l'intervention du gouvernement, il faut prévoir à quel point le processus de contrôle gouvernemental risque d'être complexe. Dans les cas où les impacts cumulatifs sont un résultat général plutôt que spécifique de l'expansion économique, ils relèvent de la compétence de presque tous les secteurs du gouvernement. À titre d'exemple, le ministère des Affaires indiennes et du Nord (1982) a déposé un schéma qui régit le processus de réglementation des projets d'exploitation de pétrole et de gaz dans la mer de Beaufort. Ce schéma complexe comprenait 20 voies d'approbation différentes, dont plusieurs allaient jusqu'au Cabinet, et 89 cases indiquant les activités de réglementation qui contribuent à des décisions d'approbation. De nombreux ministères et organismes des trois paliers de gouvernement sont concernés. Cet exemple montre que toute tentative de contrôle des impacts cumulatifs doit faire intervenir de nombreux organismes gouvernementaux et mettre en jeu des accords institutionnels complexes qui sont déjà en place. Il faut donc, par conséquent, une forme de contrôle central et important qui, par suite de la réduction de l'activité industrielle dans le cadre de mégaprojets dans le Nord, n'a pas encore été éprouvée adéquatement à l'occasion d'un développement important.

Plusieurs autres méthodes permettent de parvenir au contrôle souhaité. Ce sont : i) les lois et les directives du Cabinet; ii) l'ajout d'un autre palier d'étude au processus existant; iii) la création d'un ministère ou d'un organisme distinct de contrôle des impacts cumulatifs; ou iv) l'un ou l'autre des mécanismes de consultation existants.

LOIS OU DIRECTIVES DU CABINET

Cette possibilité est basée sur l'imposition d'une solution venant d'un échelon élevé du gouvernement. Elle exige une volonté et un courage politiques et elle peut être une méthode très efficace. L'obligation d'utiliser du combustible sans fumée pour le chauffage des habitations et pour usage industriel en Grande-Bretagne, à la fin des années 1950, est un exemple de l'application des lois. Cette mesure a pratiquement éliminé la formation de smog dans les grandes villes. Au Canada, les mesures prises au cours des années 1970 par le gouvernement de l'Ontario pour protéger l'escarpement de Niagara constituent un exemple de volonté politique et d'imposition d'une solution venant d'en haut. Ces mesures ont été efficaces à l'époque, mais elles ont été sapées au cours des dernières années par l'introduction d'exceptions aux restrictions sur l'utilisation des terres.

Cette méthode peut être efficace dans des cas spécifiques, mais il se peut qu'elle ne soit pas pratique dans le cas de mesures générales ou répétées. L'effort requis pour mobiliser un gouvernement en vue d'une mesure législative ou d'une décision politique de grande envergure est trop important pour permettre de le réitérer souvent. Un certain processus officiellement institutionnalisé est habituellement nécessaire pour traiter les phénomènes continus ou répétitifs. Plusieurs possibilités sont suggérées dans les paragraphes qui suivent.

AUTRE PALIER D'ÉTUDE

Parmi les exemples d'introduction d'un autre palier d'étude dans le processus de réglementation ou d'une autre procédure à suivre avant que les projets de développement ne soient approuvés, on compte les nombreux processus d'évaluation des impacts environnementaux auxquels les gouvernements soumettent les propositions de développement. On compte aussi les évaluations des impacts socio-économiques des nouveaux règlements ou des règlements récemment amendés qu'imposent les gouvernements fédéraux canadien et américain. Ces processus consistent généralement à soumettre des projets spécifiques à un organisme d'évaluation qui examine les documents présentés par le promoteur industriel.

Le Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales (BFEEE) a tenté d'améliorer le système traditionnel de consultation lors de l'étude des propositions d'exploitation dans la mer de Beaufort. En plus de viser des impacts spécifiques, les trois promoteurs se sont vu demander d'évaluer les impacts de l'ensemble de leurs propositions de développement, sur une échelle régionale. On espérait ainsi obtenir une meilleure étude des impacts cumulatifs, mais les résultats ont été décevants. Les promoteurs n'ont pas évalué convenablement les impacts cumulatifs, à l'exception des changements socio-économiques dans les collectivités locales. Dans certains documents présentés à l'audience, les promoteurs ont tenté d'évaluer les impacts cumulatifs à l'échelle régionale (Naysmith *et al.*, 1983; Roots 1983), mais cela n'a pas entraîné de recommandations spécifiques de la commission sur le sujet. En général, le rapport de la commission n'était pas centré sur les impacts cumulatifs.

Étant donné la nature de la consultation, il incombe aux promoteurs industriels de proposer un diagnostic et de trouver des solutions, bien qu'on puisse demander aux ministères de fournir des renseignements sur la façon dont ils entendent gérer les travaux. Les promoteurs ne sont généralement pas très à même de répondre aux questions relatives aux impacts cumulatifs et ne considèrent pas que cette analyse est de leur ressort. On croit généralement que la consultation n'est pas un moyen efficace de traiter les impacts cumulatifs parce qu'il incombe aux promoteurs de fournir des solutions. Leur responsabilité se limite à leur propre projet et à sa contribution aux impacts cumulatifs. Il serait déraisonnable de s'attendre à ce qu'un promoteur traite des impacts ayant un effet cumulatif sur une base régionale, ou se préoccupe des impacts supplémentaires que pourraient avoir des projets qui seraient réalisés dans la même région géographique.

Une autre difficulté, liée à l'introduction d'un palier additionnel dans le processus de réglementation ou d'approbation, est l'intégration de ce palier dans les accords existants. Le BFEEE a été contrarié de constater qu'il ne pouvait pas garantir que les recommandations de la commission seraient toujours suivies et, dans certains cas, il a essayé de les rendre exécutoires. Il a fait campagne, pour le moment sans succès, afin d'obtenir le soutien législatif nécessaire pour y arriver. Il est parvenu toutefois à implanter quelques procédures administratives complexes pour surveiller ce qu'il advient des recommandations de la commission. Les ministères chargés d'administrer la législation pertinente ont eu tendance à résister aux propositions du BFEEE, en se basant sur le fait que les recommandations de la commission ont tendance à insister sur les valeurs environnementales, tandis que les décisions réglementaires doivent également tenir compte des facteurs juridiquement exécutoires, socio-économiques et politiques.

CRÉATION D'ORGANISMES DISTINCTS

La création de nouveaux organismes ou ministères pour s'occuper des problèmes administratifs ou réglementaires spécifiques est une pratique courante. Cette méthode a plusieurs variantes. L'une est l'établissement d'un organisme réglementaire indépendant. Au Canada, nous avons les exemples de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA), de l'Office national de l'énergie (ONE) et de l'Administration du pipe-line du Nord Canada. Les États-Unis ont également recours à cette méthode. Les exemples les plus connus sont la Securities and Exchange Commission (SEC), la Federal Energy Regulation Commission (FERC) et l'Environmental Protection Agency (EPA).

Une variante de cette méthode est la restructuration des programmes en combinaisons ministérielles différentes. Au Canada, la redistribution des programmes entre le ministère des Pêches et Océans, celui de l'Environnement, celui des Affaires indiennes et du Nord, celui de l'Énergie, des Mines et des Ressources et Agriculture Canada est un phénomène courant. Aux États-Unis, le regroupement de programmes en cours sous la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) est un exemple d'organisation administrative

nantie du pouvoir de s'occuper de la qualité de l'environnement, y compris des impacts cumulatifs; c'est aussi un organisme qui semble relativement efficace.

Au Canada, la restructuration des ministères fédéraux n'a pas toujours donné des résultats très encourageants. Ils ont été réaménagés en vue de combiner des programmes d'une façon qui semble plus rationnelle que celle qui existait auparavant. La création d'Environnement Canada entre dans cette catégorie. Les ministères ont aussi été restructurés pour modifier leurs objectifs et pour introduire de nouvelles priorités en juxtaposant des programmes censés exercer une certaine influence les uns sur les autres. L'amalgame récent du ministère des Affaires extérieures et de certains secteurs du ministère de l'Industrie et du Commerce en est un exemple. Généralement, ce dernier type de restructuration exige de plus grandes modifications que le premier. La preuve en est que le Service canadien de la faune, le Service canadien des forêts et Parcs Canada ont conservé leur identité, leurs méthodes de travail et leurs priorités, malgré leurs nombreux transferts d'un ministère à un autre.

Cela ne veut pas dire que la réorientation effectuée par des ministères existants, afin de s'occuper d'un nouveau problème ou du réaménagement de programmes dans le même but ne peuvent pas fonctionner. Aux États-Unis, certains exemples comme le NOAA semblent être un succès. Il faut peut-être procéder à une réorganisation plus fondamentale que celle qui est habituellement tentée. Cela demanderait une législation d'un concept nouveau, plutôt que des lois d'autorisation conçues uniquement pour légaliser de nouveaux aménagements administratifs. Il faudrait aussi effectuer des changements radicaux dans la gestion des programmes, malgré une forte opposition possible.

Une troisième variante est le recours à des organismes de coordination qui peuvent être de simples comités inter-organismes au niveau administratif ou des organismes plus visibles et plus ambitieux, comme dans le cas de l'aménagement du territoire. À première vue, l'organisme chargé de l'aménagement du territoire pourrait paraître l'organisme tout désigné pour traiter des impacts cumulatifs. Cependant, il y a de nombreuses raisons pour que cela ne soit pas très efficace. Dans les provinces, la plupart des organismes d'aménagement du territoire sont chargés de régions géographiquement trop petites pour faire face efficacement aux impacts cumulatifs. Ils n'ont pas toujours suffisamment de fonds pour s'occuper de ces questions ou pour retenir les services de spécialistes qualifiés qui pourraient le faire. Enfin, ils n'ont généralement pas le pouvoir de prendre les mesures nécessaires pour traiter de nombreuses sortes d'impacts cumulatifs. En Alberta, par exemple, dans le cas d'un développement économique et urbain important, le gouvernement provincial peut ne pas tenir compte des plans municipaux et régionaux d'utilisation des terres.

Les organismes de coordination ont généralement pour but d'atténuer la concurrence entre les ministères, lorsque leurs différents mandats et leurs différentes responsabilités entrent en conflit. La plupart des organismes de coordination sont des comités ayant seulement un statut administratif et n'ayant aucun pouvoir, si ce n'est celui de persuasion. La conséquence de ce manque de pouvoirs est que leurs délibérations se terminent généralement par des compromis et des solutions de rechange, au détriment de leur intention de suivre une politique cohérente. Divers programmes et organismes de planification se fondent sur une forme plus raffinée de coordination. Comme nous le mentionnons ci-dessous, l'aménagement du territoire est un type de programme qui a de nombreux liens avec le problème des impacts cumulatifs. Les autorités chargées de l'aménagement du territoire au niveau municipal tendent à être relativement puissantes; mais, au niveau provincial et fédéral, elles le sont moins. Comme l'efficacité dépend du pouvoir, il n'est pas surprenant que la plus grande part de la gestion des impacts cumulatifs, lorsqu'elle existe, s'effectue au niveau local. Ce fait a été porté à l'attention du CCREE et fait l'objet d'une des recommandations du présent rapport.

Les organismes de réglementation indépendants ne peuvent obtenir des résultats que s'ils ont un mandat leur donnant de grands pouvoirs. Sinon, en cas de conflit entre organismes, il est probable qu'ils devront céder. D'autre part, si leur mandat est fort mais restreint, il se peut qu'ils ne puissent pas être en mesure de faire face aux autres organismes et groupes d'intérêt, ni même au gouvernement qui les a créés. Ils sont aussi souvent accusés de devenir les prisonniers ou les «avocats» des industries qu'ils doivent contrôler. Néanmoins, un organisme indépendant de réglementation est probablement le plus à même de traiter les phénomènes répétitifs ou persistants qui caractérisent la gestion des impacts cumulatifs. S'il est conçu et utilisé avec sagesse, c'est probablement, aussi, le plus efficace. La Commission de réforme du droit du Canada a étudié les dossiers des organismes de réglementation indépendants dans une série de rapports (Commission de réforme du droit du Canada, 1980) et a soumis récemment des recommandations en vue de perfectionner ces organismes (Commission de réforme du droit du Canada, 1985).

MÉCANISMES DE CONSULTATION

Deux types de comités consultatifs peuvent être utilisés pour s'attaquer au problème des impacts cumulatifs. L'un est un comité permanent ou un programme établi, prévu pour fonctionner pendant de nombreuses années. L'autre est un comité spécial formé pour donner des conseils à propos d'un sujet ou d'un problème particulier. Le premier type comprend les comités consultatifs, tels que le CCREE lui-même, et les organismes plus complexes comme le Conseil des sciences du Canada, le Conseil économique du Canada et la Commission de réforme du droit du Canada. Le pouvoir de ces organismes est généralement limité au pouvoir de persuasion.

Le deuxième type comprend les commissions royales, les commissions, les comités d'enquête et une variété de comités ayant moins de pouvoirs d'enquête. Ces organismes ont souvent des pouvoirs étendus pour recueillir des informations et effectuer des analyses. Ils ont rarement le pouvoir d'exiger que leurs résultats ou leurs recommandations soient suivis de mesures. Ils ont cependant un avantage : leur pouvoir de persuasion est plus grand que celui des comités du premier

type parce que, dans la plupart des cas, leurs recommandations reçoivent une plus grande publicité. Le rôle que de tels comités d'enquête pourraient jouer dans l'amélioration de la méthode canadienne de gestion des impacts cumulatifs n'a pas encore été vérifié.

LIENS AVEC LA PLANIFICATION ENVIRONNEMENTALE

La planification environnementale évolue rapidement. C'est un terrain d'essai pour de nombreuses techniques de gestion, telles que les programmes administratifs coopératifs, les accords, les contrats, les protocoles et les ententes de principe. Il n'est donc pas surprenant que de nombreux analystes envisagent d'utiliser la planification environnementale pour gérer les impacts cumulatifs et que certains d'entre eux aient soutenu que, si elle était efficace, il n'y aurait pas de problème d'impacts cumulatifs. Robilliard (1986), par exemple, en dit ce qui suit :

> *En bref, la planification détaillée et complète, basée sur l'environnement, est un substitut approprié à l'évaluation complète des impacts, y compris celle des impacts cumulatifs, qui retient rarement l'attention. Cela constitue un argument en faveur de l'opinion selon laquelle la seule façon de vivre est d'avoir une vue détachée des choses.*

Une suggestion similaire est présentée pour des raisons totalement différentes. Un thème qui revient souvent dans la documentation internationale est l'idée mise de l'avant par Russell et Portney (1985) selon laquelle un fondement important de la gestion à long terme de l'environnement est le fait, difficile à admettre, que la pollution est un problème omniprésent et non pas simplement une aberration d'ordre éthique à court terme créée par les sociétés de marché modernes. Une fois cela admis, il est évident que toutes les étapes spécifiques qui sont franchies sous l'étiquette d'évaluation des impacts cumulatifs doivent être mises en oeuvre dans le cadre plus large des activités connues collectivement sous le nom de planification environnementale. L'ubiquité des impacts cumulatifs signifie que leur gestion doit être basée sur une planification par zone plutôt que par projet; il s'ensuit qu'une planification environnementale qui n'englobe pas systématiquement les évaluations des impacts cumulatifs est une planification incomplète.

Au Canada, un exemple de la façon d'aborder l'évaluation des impacts cumulatifs par planification est celui de la région d'Elk-Flathead dans l'extrême sud-est de la Colombie-Britannique. Face à l'exploitation des mines de charbon actuelles et futures possibles, le ministère de l'Environnement a exigé une analyse stratégique pour évaluer les impacts cumulatifs en rapport avec les ressources relevant du mandat du Ministère, y compris les ressources en eau, la qualité de l'eau, la qualité de l'air, les poissons et la faune (ministère de l'Environnement de Colombie-Britannique, 1985). Le point important à noter dans cette étude est que ce dernier exemple est une tentative résolue de satisfaire aux deux préalables spécifiés par Roots (1986) pour régler la question des impacts cumulatifs par des procédures de planification détaillées et complètes : les mécanismes de contrôle devraient s'adapter aux dimensions géographiques des zones à gérer et la responsabilité institutionnelle des activités de contrôle doit être intégrée plutôt que fragmentée.

Pour prévoir jusqu'à quel point les impacts cumulatifs peuvent être décelés et gérés, dans des conditions où la gestion environnementale et les évaluations par zone ont plus d'importance que la méthode par projet, il est important de noter que les planificateurs interviennent, en matière de gestion de l'environnement, à deux niveaux principaux (Roberts et Roberts, 1984). Le premier niveau consiste à définir des buts et des choix et à délimiter les grandes priorités en ce qui a trait à l'utilisation des terres. Cette tâche suppose l'intégration d'une large variété d'activités qui contribuent aux impacts cumulatifs, y compris l'agriculture, la foresterie, l'exploitation des ressources ichtyologiques et fauniques, le développement industriel, les utilisations des terres et des eaux à des fins de transport et de loisirs. Le deuxième niveau comprend le contrôle du développement dans le cadre duquel les planificateurs évaluent les propositions spécifiques afin de voir si elles sont conformes aux buts globaux et si elles conviennent à des emplacements spécifiques. C'est à ce dernier niveau que la planification environnementale et les évaluations par zones ont le plus de chances de mener à des décisions basées sur les critères liés aux impacts cumulatifs. Pour y parvenir, il faut accorder une attention importante au défi que souligne le rapport du CAETEP de 1986, qui soutient que ce n'est pas le manque d'informations écologiques qui mène à une médiocre planification environnementale, mais tout simplement le fait qu'on ne met pas en application les conclusions qui en découlent.

LIENS AVEC L'ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Selon le CCREE, l'évaluation des impacts cumulatifs doit être considérée dans le cadre de l'évaluation des impacts environnementaux parce que cette dernière est au centre des objectifs globaux du CCREE, récemment énoncés comme suit :

> *a) donner des conseils sur la nécessité d'effectuer des recherches liées à l'évaluation des impacts environnementaux et sur leur adéquation;*
>
> *b) examiner et commenter l'utilisation des informations scientifiques sur l'environnement et la place de l'évaluation des impacts environnementaux dans la planification et le développement; et*
>
> *c) promouvoir les nouvelles idées et la recherche orientées vers l'amélioration du concept, de la mise en pratique et de l'efficacité de l'évaluation des impacts sociaux et environnementaux.*

Un autre point important est le fait que ce soit dans le contexte de l'EIE que l'on puisse le plus facilement estimer le rôle que jouent les promoteurs dans la détection et la gestion des impacts cumulatifs. La raison principale est que, dans la plupart des entités administratives, les promoteurs ont la

responsabilité première de faire une évaluation environnementale des activités (Couch, 1985). Les conséquences de cet état de fait ont été résumées par les organisateurs de l'atelier de 1985 sur les impacts cumulatifs (CCREE et NRC des É.-U., 1986) qui ont dressé une liste de quatre défauts des évaluations environnementales axées sur des projets spécifiques :

- elles négligent les impacts additifs de développements successifs dans le même système écologique, p. ex. les impacts de la perte de terrains marécageux et de l'élimination des produits chimiques toxiques sur l'habitat des poissons et le taux de reproduction de ces derniers;
- elles ne traitent pas adéquatement des développements créant des précédents qui stimulent d'autres activités, surtout dans les environnements fragiles;
- elles négligent les changements de comportement des systèmes écologiques résultant des niveaux croissants de perturbation, p. ex. les relations fonctionnelles non linéaires;
- elles n'incitent pas au développement d'objectifs détaillés et complets qui reflètent les buts généraux de la société.

La proposition par le Canadien National de poser, de la frontière de l'Alberta à Vancouver, une autre ligne de chemin de fer parallèle à celle déjà existante a eu pour résultat de charger, pour la première fois, la commission d'évaluation environnementale d'examiner des impacts cumulatifs, ce qui est peut-être le premier cas d'enquête publique sur les évaluations cumulatives au Canada (O'Riordan, 1986). Malgré cette étape d'évaluation des impacts environnementaux au Canada, qui crée un précédent, les controverses quant à savoir jusqu'à quel point on peut modifier et améliorer les procédures d'évaluation environnementale, de façon à intégrer l'évaluation des effets cumulatifs, ne sont pas terminées. D'une part il y a les chercheurs qui, comme Conover *et al.* (1985b), déclarent que leur cadre d'évaluation des impacts «peut tenir compte des impacts cumulatifs ou, plus précisément, des impacts additifs, répétitifs, chroniques (persistants à long terme) et synergiques». De l'autre, il y a les analystes tels que Erckmann (1986) qui laissent entendre qu'il y a des différences importantes entre les évaluations d'impacts environnementaux (EIE) et les évaluations d'impacts cumulatifs (EIC) :

> *Les EIE sont spécifiques à un site; les EIC ne le sont pas. Si on ne tient pas compte des différences d'échelle évidentes entre les deux types d'entreprises, les EIC ont une autre caractéristique que les EIE n'ont généralement pas. Les EIC sont une forme d'analyse qui suit un modèle donné et la gestion des impacts cumulatifs est la gestion de modèles. Les EIC doivent porter principalement sur la détection et l'analyse de tendances ainsi que sur l'élaboration de méthodes comptables complexes. En bref, les EIC requièrent un certain apport de données scientifiques, ce qui n'est pas le cas des EIE. En plus d'un système permettant d'identifier les tendances des sources et des effets, la gestion des impacts cumulatifs requiert des outils analytiques pour détecter les seuils critiques — en fait, un système avertisseur.*

Erckmann a conclu que s'attendre à ce que seuls les EIE traitent des impacts cumulatifs ferait de celles-ci «une affaire imposée sous la contrainte, encore plus superficielle qu'elle ne l'est». D'autres difficultés ont été résumées par O'Riordan (1986), surtout celles reliées au fait que la gestion du contrôle des impacts relève généralement d'une seule entité administrative lorsqu'il s'agit d'examiner les impacts environnementaux d'un seul projet. Toutefois, les impacts cumulatifs, par leur nature même, tendent à relever de plusieurs niveaux de gouvernement, à tel point qu'aucun d'eux ne peut en assumer le contrôle. Clark (1986) doute que les évaluations des impacts environnementaux accordent suffisamment d'attention à la façon dont les dommages aux composantes importantes de l'environnement, pris individuellement, s'accumulent et causent une dégradation globale de systèmes environnementaux entiers et il a proposé que cela fasse l'objet d'une étude ultérieure.

Le concept et les procédures d'évaluation des impacts environnementaux sont actuellement en pleine évolution. À l'origine, une étape des procédures très étroitement axée sur l'approbation de projets spécifiques, l'évaluation des impacts environnementaux est actuellement en passe de devenir partie intégrante d'un processus de gestion plus détaillé et plus complet (CCREE, 1986). Entre autres conséquences, cette évolution accroît les possibilités d'incorporer les procédures de la médiation dans les processus des EIC. L'adoption de la négociation et de la médiation en matière d'environnement est devenue de plus en plus courante aux États-Unis (voir Bingham, 1986). Des initiatives canadiennes récentes dans ce domaine et les possibilités de futur développement ont été étudiées dans un numéro spécial de *Resolve* (18(2) 1986) (Voir aussi Haussmann, 1983; Shrybman, 1985). Le processus de négociation en matière d'environnement présente de l'intérêt pour le CCREE qui a tenu récemment un atelier sur ses conséquences institutionnelles (le compte rendu de l'atelier est en cours de préparation). En se basant sur une expérience récente de médiation, décrite dans l'étude de cas traitant du bassin de la rivière Athabasca (chapitre 5), la présente étude signale plusieurs étapes qui peuvent présenter de l'intérêt pour le CCREE, afin de pousser plus avant l'analyse des processus de la médiation en vue de traiter des types interactifs d'impacts cumulatifs dans le cadre des évaluations des impacts environnementaux.

L'évaluation des impacts environnementaux peut éventuellement se transformer et devenir plus étroitement liée à la recherche requise pour l'évaluation des impacts cumulatifs. Certains analystes ont suggéré que les études des impacts environnementaux pourraient être considérées comme des hypothèses sur la façon dont l'environnement sera touché par un projet particulier (CAETEP, 1986; Lewin, 1986). Une surveillance bien faite de nombreux paramètres, tout au long du projet, constituerait alors une expérience écologique à une échelle qui dépasse de loin ce qui pourrait être fait en passant par les organismes de financement classiques. Les informations recueillies par de telles méthodes seraient ensuite applicables à des projets futurs de nature identique. Le

raisonnement sous-jacent est qu'une surveillance bien faite est essentielle à quiconque désire étayer les effets des projets par des documents, vérifier les prévisions faites dans les déclarations d'impacts ainsi que déceler tant les changements dans les conditions de base que dans les impacts cumulatifs. Si les EIE évoluent de telle sorte que les projets soient traités comme des expériences, les liens entre les EIE et l'évaluation des impacts cumulatifs seront forts.

CHAPITRE 5 : QUELQUES EXPÉRIENCES CANADIENNES D'ÉVALUATION D'IMPACTS CUMULATIFS

Lorsqu'on examine la façon dont les impacts cumulatifs ont été traités dans plusieurs régions du Canada, on ne relève ni «succès» ni «échecs» bien précis. La plupart des exemples contiennent des éléments des deux. Il est cependant possible d'identifier des facteurs et des circonstances qui favorisent le succès ou lui nuisent. Même les méthodes les plus efficaces se heurtent aux obstacles des complexités administratives, aux lacunes dans les connaissances et à des problèmes de perception. Plusieurs méthodes canadiennes de gestion des impacts cumulatifs sont décrites ci-dessous. Les trois premières sections se fondent sur des informations tirées des trois études de cas entreprises dans le cadre de cette étude. Les autres exemples sélectionnés traitent de façon moins détaillée des règlements relatifs aux dangers des rayonnements au Canada, et de l'Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs.

ÉTUDE DE CAS : IMPACT CUMULATIF DE L'ESSENCE AU PLOMB

Cheminements des impacts cumulatifs en cause

La question du plomb dans l'essence au Canada a été sélectionnée comme étude de cas pour illustrer le traitement d'un problème d'impacts cumulatifs dont le principal cheminement met en jeu l'atmosphère. La nature cumulative des effets est fondée sur le fait que l'utilisation de l'essence au plomb produit des émissions de plomb particulaire qui ont eu pour conséquence non seulement une augmentation de la teneur en plomb de l'air, mais aussi une augmentation de la teneur en plomb de l'eau, de la terre végétale et des poussières dans les villes et dans les aliments. C'est le plomb dans l'air qui est à la source de l'accumulation de plomb dans le sang, les tissus mous et les tissus osseux humains par suite de leur exposition continuelle à cet élément. Il y a aussi la réaction différée au plomb chez l'homme, résultant de l'utilisation de l'essence au plomb, lorsque les émissions se transportent dans l'environnement et, éventuellement, dans la chaîne trophique. Quant aux cheminements fonctionnels de la figure 2, le cas de l'essence au plomb est un exemple de cheminement n° 1 (addition dans un milieu à dissipation lente) et de cheminement n° 2 (interaction à cause du rôle joué dans la chaîne trophique).

Relation entre l'évaluation des impacts cumulatifs et le cadre théorique

Cette étude de cas accentue l'importance des liens «écosystème-gestion» et «recherche-gestion» dans le cadre théorique de l'évaluation des impacts cumulatifs (figure 4) parce qu'elle attire l'attention sur un exemple dans lequel des mesures de réglementation ont été prises *après* qu'un effet cumulatif se soit produit. Cette séquence doit être distinguée du cas où des règlements peuvent être promulgués après qu'un effet cumulatif a été évalué, mais avant que ses effets ne se fassent sentir. Dans le cas de l'essence au plomb, il aurait été idéal de procéder à une évaluation des impacts cumulatifs quand les additifs anti-détonants ont été proposés dans les années 1920. Dans ce contexte, il est clair que l'utilisation d'essence au plomb entraîne effectivement une dissémination cumulative du plomb dans l'environnement et chez l'homme; étant donné les effets nuisibles sur la santé qu'on pouvait prévoir, l'usage de l'essence au plomb aurait été probablement interdit si une évaluation des impacts cumulatifs avait été faite. Cette opinion a été exprimée par un groupe dissident dans un rapport de l'U.S. National Academy of Sciences (NAS, 1980). Même dans ce cas, qui porte sur les effets d'une substance dont la toxicologie est assez bien connue, il n'a pas semblé que les critères scientifiques relatifs à la dose aient joué un rôle important dans le processus d'élaboration des règlements finaux. Ceci nous permet de croire qu'il est peu réaliste de s'attendre à ce que les évaluations des impacts cumulatifs des incidences existantes donnent des résultats sans équivoque par des méthodes quantitatives scientifiques.

Depuis 1974, les règlements émis en vertu de la Loi sur la pollution atmosphérique de 1973 ont limité la teneur en plomb de l'essence. Ces règlements ont formé la base de la réduction des émissions de plomb par les automobiles; par voie de conséquence, cela a diminué la teneur en plomb de l'air que respire la population canadienne. Les premiers règlements, les modifications ultérieures ainsi que les amendements proposés sont résumés au tableau 2.

Les règlements actuels fixent les teneurs limites en plomb qui sont autorisées pour l'essence sans plomb (0,06 g/gallon impérial) et pour l'essence au plomb. Pour cette dernière, la limite était de 0,77 g/L et, depuis le 1er janvier 1987, elle est de 0,29 g/L. Les règlements actuels prescrivent aussi aux raffineurs un calendrier de présentation de leurs rapports. Parmi les autres initiatives prises par le gouvernement, on compte la création d'une commission qui a entrepris l'étude de la politique canadienne en ce qui a trait au problème du plomb dans l'essence. La Société royale du Canada se consacre à ce travail depuis 1984.

Le Service de la protection de l'environnement (SPE) d'Environnement Canada est chargé de la mise en application des règlements sur l'essence sans plomb. La mise en application comporte un programme d'échantillonnage et un d'analyse. Les échantillons sont recueillis par les inspecteurs des bureaux régionaux du SPE, nommés en vertu de la Loi sur la pollution atmosphérique, et la teneur en plomb est déterminée sur place, aux postes d'essence, aux dépôts d'essence et aux réservoirs de stockage des raffineries. Si la teneur en plomb est supérieure à la limite prescrite, un deuxième échantillon est prélevé et est analysé au laboratoire régional conformément aux procédures prévues dans les réglements.

Tableau 2

Sommaire de la réglementation concernant l'essence au plomb

Date	Référence	Sujet	Dispositions
1973/10/31	La Gazette du Canada Vol. 107, nº 21 DORS/73-663	Essence sans plomb et sans phosphore	Concentration maximale admissible: 0.06 g Pb/Gallon impérial dans l'essence sans plomb 0.06 g P/Gallon impérial dans l'essence sans phosphore Entrée en vigueur: 1er juillet 1974 Mesure de la concentration: selon la méthode de l'absorption atomique décrite dans le rapport E.P.S. 1-AP-73-3 de la série des méthodes de référence du ministère de l'Environnement.
121974/07/31	La Gazette du Canada Partie II Vol. 108, nº 15 DORS/74-459	Essence au plomb	Concentration maximale admissible: 3.5 g/Gallon impérial (0./77g/L) Entrée en vigueur: 1er janvier 1976 Mesure de la concentration: selon la méthode d'absorption atomique décrite dans le rapport E.P.S. 1-AP-73-3 de la série des méthodes de référence du ministère de l'Environnement. Rapports: toute personne qui produit de l'essence ou en importe au Canada doit faire un rapport trimestriel sur la concentration de plomb dans le supercarburant, l'essence ordinaire, l'essence sans plomb et autres essences. Il doit aussi présenter un rapport trimestriel sur l'achat, l'utilisation ou l'écoulement et le stockage des additifs de plomb.
1975/02/26	La Gazette du Canada Partie II Vol. 109, nº 5 DORS/75-104	Essence au plomb—Modification	Essence produite ou importée au Canada pour utilisation dans les aéronefs est exclue de la réglementation C.P. 1974-1708 du 30 juillet 1974 (DORS/74-459)
1980/10/25	La Gazette du Canada Partie II Vol. 114, p. 6523	Projet d'enquête sur réduction progressive de teneur en plomb de l'essence à moteur	Annonce formelle d'une étude d'impact socio-économique.
1983/03/12	La Gazette du Canada Partie I Vol. 117, p. 2246	Intention de réglementer l'abaissement graduel de la teneur en plomb de l'essence à moteur.	Conclusions de l'étude examinées dans un rapport de présentation des options mis à la disposition du public pour commentaires de celui-ci.
1984/05/04	La Gazette du Canada Partie II Vol. 118, nº 10 DORS/84-359	Règlement sur l'essence au plomb—Modification	Concentration maximale de plomb dans l'essence: a) 0,77 gramme par litre avant le 1er janvier 1987; b) 0,29 gramme par litre à compter du 1er janvier 1987. Mesure de la concentration: selon la méthode d'absorption atomique décrite dans le rapport EPS 1-AP-73-3 (révision janvier 1981) intitulé «Méthode de référence normalisée pour le dosage du plomb dans l'essence»

Tableau 2

Sommaire de la réglementation concernant l'essence au plomb

Date	Référence	Sujet	Dispositions
			(Rappel: l'essence pour utilisation dans les aéronefs est exclue) Rapport trimestriel sur la concentration de plomb dans l'essence produite au Canada (supercarburant, ordinaire, sans plomb, autre) pour la vente ou l'utilisation au Canada pendant le trimestre. Rapport semblable pour l'essence importée au Canada durant le trimestre en question. Rapport trimestriel sur l'achat, l'utilisation ou l'écoulement et le stockage et la perte des additifs de plomb pour chaque raffinerie.
1984/02/18	La Gazette du Canada Partie I Vol. 118, p. 1420	Réglementation sur l'essence au plomb— Modification	Résumé de l'analyse de l'impact socio-économique relative à la diminution de la concentration de plomb dans l'essence.

Le programme d'application de la loi, dans le cas de l'essence au plomb, est semblable à celui de l'essence sans plomb, mais la plus grande partie des échantillons proviennent des raffineries et des installations de stockage en vrac. Les échantillons dépassant la teneur en plomb prescrite sont saisis et éliminés sous la surveillance du personnel du SPE. Une amende est imposée aux contrevenants. Les règlements exigent que les raffineries de pétrole fassent un rapport trimestriel sur leur production d'essence et leur utilisation de plomb, y compris celui destiné à être ajouté aux produits importés.

Les règlements comme tels ne contiennent aucune disposition en vue d'une révision d'usage à des dates prescrites ou dans des cas spécifiés. Malgré cela, les règlements sont actuellement en cours de révision afin d'abaisser la teneur en plomb de l'essence. Il n'y a pas d'évaluation formelle de l'efficacité des règlements, en ce sens qu'il n'y a pas d'observation des effets environnementaux. Cependant des rapports décrivant deux aspects de la question ont été publiés : les tendances observées dans le nombre d'échantillons recueillis et analysés, le nombre de violations des règlements, les données sur la production d'essence et la teneur en plomb de l'essence; et les tendances observées dans les données sur la teneur en plomb de l'air ambiant.

L'analyse et l'interprétation des données sur la teneur en plomb de l'air ambiant ne font pas l'objet d'exigences officielles, et il semble qu'il n'y ait pas de programme coordonné d'évaluation des effets du plomb sur la santé humaine, dans la mesure où ils ont un lien avec les règlements. Au cours des années, les études sur les taux de plomb dans le sang de la population canadienne ont été très limitées.

Composantes écosystème et recherche du problème de l'essence au plomb

Si l'on se penche plus particulièrement sur la composante «écosystème-recherche» du cadre théorique des impacts cumulatifs (figure 4), il est instructif d'examiner d'abord la base technique des règlements et ensuite les données traitant de l'exposition au plomb de la population canadienne.

La promulgation en 1973 et 1974 des règlements sur le plomb dans l'essence et sur l'essence au plomb a été précédée par une étude du plomb dans l'environnement canadien, effectuée par le Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement du Conseil national des recherches du Canada (CNRC). On a aussi demandé à Santé et Bien-être social Canada de donner son avis sur l'aspect «sécurité» de l'usage du plomb dans l'essence. Il semble que la documentation sur le sujet ne fait pas le lien entre la promulgation des règlements de 1973 et 1974 et les effets sur la santé ou les autres aspects socio-économiques de la question du plomb dans l'essence. En d'autres termes, les relations dose-réaction n'ont joué aucun rôle dans l'élaboration des règlements sur l'essence au plomb.

Les connaissances scientifiques, à l'époque (1973), laissaient penser que : les taux «normaux» de plomb dans le sang étaient situés entre 15 et 40 μg/dl; les taux de plomb dans le sang en Amérique du Nord étaient les mêmes qu'ailleurs; les variations de la teneur en plomb du sang étaient dues en grande partie à l'ingestion d'aliments, et il se peut que les taux de plomb dans l'air ambiant des villes n'aient pas d'influence notable sur les taux de plomb dans le sang (CNRC 1973). On admettait que le plomb dans le corps était distribué dans le squelette (plus de 90 p. 100) et les ensembles de tissus mous. Le plomb s'accumule lentement, en un mois environ, jusqu'à ce que l'équilibre entre ce qui est ingéré et ce qui est excrété soit atteint. Les taux auxquels se produit l'empoisonnement chronique par le plomb étaient incertains, mais il était admis que l'empoisonnement chronique se produit à partir d'un seuil de plomb dans le sang de 80 μg/dl. À cette époque (1974), on manquait de données sur les effets à long terme du plomb sur l'homme, surtout lorsque les taux sont faibles ou normaux. Quant au cadre théorique des impacts cumulatifs (figure 4), il est évident que les travaux en rapport avec les liens «recherche-écosystème» ne précèdent pas toujours les mesures dans les liens «écosystème-gestion».

Les taux de plomb dans l'urine et le sang étaient les indicateurs acceptés d'exposition au plomb récente et spécifique, mais la relation (inhibition) entre l'acide S-amino-lévulinique déhydrogénase (AALD) dans les érythrocytes et des taux de plomb dans le sang pouvant descendre jusqu'à 5 µg/dl était admise. Des preuves plus récentes des effets du plomb sur la santé ont conduit à l'adoption par les Centers for Disease Control (CDC) des États-Unis et par Santé et Bien-être social Canada d'un taux sécuritaire de plomb dans le sang de 25 µg/dl. L'adoption des taux sécuritaires actuels est basée sur les effets suivants sur la santé :

- effets sur le système hématopoïétique et les processus cellulaires connexes;
  - — inhibition de l'acide S-amino-lévulinique déhydrogénase (AALD)
  - — biosynthèse héminique
  - — système vitamine D — hormone
- effets sur le système nerveux
  - — effets sur le comportement et le développement neurologique
- effets sur la tension artérielle.

Il faut noter qu'il n'a pas été prouvé que tous ces effets se produisent à de faibles niveaux de plomb dans le sang (25 µg/dl) et, en fait, dans certains cas, l'existence même d'un effet quelconque est vivement contestée, surtout en ce qui a trait aux effets sur le système nerveux et la tension artérielle. Des effets sur les groupes sensibles, surtout les enfants, peuvent être observés à des taux «normaux». Il existe des preuves que les enfants peuvent être sensibles à des taux de plomb dans le sang de l'ordre de 10 à 20 µg/dl (Boeck, 1985). Le Toronto Board of Health considère actuellement que 20 µg/dl est le critère de sécurité, mais le public exerce des pressions pour que ce critère soit abaissé à 15 ug/dl pour les enfants.

Le rapport provisoire de la Société royale du Canada (1985) a recommandé que les règlements sur l'essence au plomb proposés pour 1987 aient des effets bénéfiques et que la réduction des taux de plomb dans le sang qu'il sera possible d'atteindre, grâce aux règlements de 1987, soient suffisants pour protéger presque tous les segments de la population canadienne contre les effets nocifs connus de l'exposition au plomb. La commission a néanmoins admis la possibilité que la recherche continue puisse prouver que des effets nocifs se produisent à des taux de plomb dans le sang encore plus bas.

En 1970, on estimait que l'exposition de la population canadienne au plomb était due surtout aux particules en suspension dans l'air et qu'environ 74 p. 100 de celles-ci provenaient des automobiles utilisant de l'essence contenant du plomb. Cette exposition survient soit directement par inhalation, soit par consommation de matières contaminées par les dépôts de particules. On estimait que l'ingestion quotidienne de plomb par le Canadien «moyen» était de 140 µg par les aliments, 20 µg par l'eau et 15 µg directement de l'air. La fraction moyenne absorbée était estimée à 10 p. 100 pour les aliments, 10 p. 100 pour l'eau et 30 p. 100 pour l'air (CNRC, 1973). Des résultats similaires ont été obtenus dans l'étude de Santé et Bien-être social Canada 1982.

Il est évident maintenant que l'utilisation d'essence au plomb mobilise très efficacement le plomb inorganique, ce qui a pour résultat des émissions atmosphériques largement répandues, surtout dans les zones urbaines qui comptent un grand nombre d'automobiles. Le plomb séjourne longtemps dans l'atmosphère et sa dispersion est facilitée par la petite taille des particules, l'inefficacité des mécanismes de son élimination et sa grande stabilité chimique. De plus, le plomb déposé dans le sol est facilement remis en circulation, par conséquent, il y a un recyclage effectif du plomb particulaire. Tous ces processus auraient pu être prévus en se basant sur les connaissances que nous possédions longtemps avant que des règlements ne soient adoptés. Le pouvoir d'intervention de la société, en se basant sur les informations existantes, doit cependant être vu dans une perspective politique et historique. Cela signifie qu'il est peu probable que l'usage de plomb tétraéthyle aurait pu être banni dans les années 1920.

Le rapport de la National Academy of Sciences des États-Unis sur le plomb dans l'environnement (NAS, 1980), qui est la deuxième évaluation faite par cet organisme sur le sujet, a fourni une étude des effets de l'exposition au plomb dans l'environnement, mais il n'a pas présenté de critères pour les normes réglementaires ou les directives. Cela a été laissé à l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis qui avait commandé les études de la NAS.

Une minorité de membres du comité de la NAS a eu l'impression que ses recommandations n'avaient pas été suffisamment strictes. En fait, de l'avis des membres du comité de la NAS qui ont souscrit à l'opinion dissidente, la mobilisation délibérée d'une substance toxique persistante, et par conséquent cumulative, comme le plomb, sous une forme qui finit par être dispersée dans l'environnement, devrait être bannie. Autrement dit, selon le groupe dissident, la détermination du taux acceptable de plomb dans l'environnement n'est pas pertinente. Il a déclaré que la libération d'une substance dont l'accumulation ne serait limitée que par la quantité produite ne devrait pas être tolérée.

Ce point de vue sur les impacts cumulatifs n'a pas souvent été pris en considération dans la réglementation relative à l'exposition aux contaminants de l'environnement. Il ne semble pas qu'il l'ait été dans l'évaluation canadienne du plomb dans l'essence. Tant la Loi sur les contaminants de l'environnement, au Canada, que le Toxic Substances Control Act des États-Unis sont d'accord avec le point de vue des dissidents du comité de la NAS, à savoir que l'usage des substances dont les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques impliquent des impacts cumulatifs fâcheux peut ne pas être autorisé dans un mode dispersif.

Composante gestion du problème de l'essence au plomb

Un processus d'évaluation sociale et économique et plusieurs étapes institutionnelles et réglementaires ont été les activités-clés de la composante «gestion» du cadre théorique (figure 4).

Les premiers règlements (1973 et 1974) ne font pas état de la base scientifique ou socio-économique des règlements; mais, chose intéressante, un rapport du Service de la protection de l'environnement, daté de 1982, a soutenu que les règlements sur l'essence sans plomb étaient nécessaires au bon fonctionnement des convertisseurs catalytiques. Toutefois, on ne faisait pas état de ce qui servirait de base aux règlements sur l'essence au plomb. Dans ce contexte, il est essentiel de faire une nette distinction entre les règlements sur l'essence sans plomb et ceux sur l'essence avec plomb. Les premiers ne sont basés que sur les exigences techniques des convertisseurs catalytiques, car le plomb altère le catalyseur.

Les règlements de 1984 avaient l'avantage de bénéficier d'une évaluation des impacts sociaux et économiques (EISE) qui avait déjà été réalisée. L'intention de mener une enquête sur la réduction du plomb dans l'essence avait été publiée dans la Gazette du Canada en octobre 1980. Dix-sept rapports techniques et scientifiques avaient été commandés par le SPE pour les EISE, et deux d'entre eux traitaient des effets sur la santé (Jan et Sheffield, 1983; et Labuda et Landheer, 1983). De son coté, Santé et Bien-être social Canada avait préparé le rapport «Exposition humaine au plomb présent dans le milieu» (Santé et Bien-être social Canada, 1982) à l'intention du ministère de l'Environnement. Enfin, le rapport Jaworski sur les effets du plomb dans l'environnement canadien était disponible à cette époque (Jaworski, 1979). Il y eut plus de 800 mémoires en provenance de l'industrie et d'autres parties intéressées, comme le prévoit le processus des EISE.

Les rapports du SPE traitaient beaucoup des coûts associés à la production de l'essence et des additifs antidétonants au plomb, des coûts de distribution et d'exploitation liés aux différents types d'essence, et des aspects techniques de l'utilisation de l'essence sans plomb ou à faible teneur en plomb. Autrement dit, il semble qu'il ait été pris pour acquis que, du point de vue social, il était souhaitable de diminuer la teneur en plomb de l'essence, diminution perçue comme une atténuation de l'impact cumulatif sur la santé, de sorte que seule comptait l'incidence économique liée à ce but. Les réactions de l'industrie, dont celle d'Ethyl Canada (1982) est un exemple caractéristique, eurent trait essentiellement à la question de l'évaluation des coûts des EISE et n'abordèrent généralement pas celle de savoir si d'autres diminutions obligatoires de la teneur en plomb de l'essence auraient, en fait, un effet démontrable sur les taux de plomb dans les tissus humains ou sur la santé des personnes exposées. En d'autres termes, on supposait, sans preuve, que la diminution de l'exposition entraînerait une amélioration de la santé.

L'élaboration des règlements sur le plomb dans l'essence au Canada s'est faite en parallèle avec les activités de l'Environment Protection Agency des États-Unis dans le même domaine. La diminution progressive du plomb qu'a proposée l'EPA s'est heurtée à des objections de l'industrie américaine semblables à celles de l'industrie canadienne. Cela était dû en partie au fait que beaucoup de sociétés canadiennes sont des filiales de sociétés américaines. En 1976, la Cour suprême des États-Unis a confirmé la décision d'un tribunal inférieur en faveur de la position de l'EPA, soutenant que cette dernière avait pleins pouvoirs pour protéger la santé du public sans avoir à établir «une preuve rigoureuse point par point de la cause et de l'effet». Il n'y a aucun doute que les activités de l'EPA et l'appui que leur donnent de telles décisions juridiques ont influencé le cours des débats au Canada et le contexte dans lequel ceux-ci se sont tenus. Il est donc facile de comprendre pourquoi les délibérations, au Canada, n'ont pas donné lieu à des discussions rigoureuses sur les relations quantitatives entre la teneur en plomb de l'essence, les particules en suspension dans l'air et l'atténuation des effets sur la santé.

Le Service de la protection de l'environnement (SPE) est l'organisme gouvernemental mandaté pour appliquer les dispositions de la Loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique. Son processus de réglementation comprend quatre étapes importantes, dont deux permettent la participation du public. Le processus de réglementation commence par un rapport public de l'évaluation du problème qui recommande l'examen et l'élaboration des options d'intervention réglementaires possibles pour le résoudre. Les quatre étapes sont les suivantes:

- options de contrôle — affectation de ressources pour identifier les options de contrôle;
- avant-projet de prescription — comprend l'analyse de l'incidence socio-économique;
- instrument de contrôle proposé — publication préalable de la prescription; et
- instrument de contrôle final — publication officielle dans la deuxième partie de la Gazette du Canada.

Normalement l'ÉISE est préparée quand le règlement ou l'amendement au règlement est à l'étape de la publication. Les deux premières étapes impliquent la participation du public. Le processus d'EISE donne la possibilité aux parties intéressées de présenter des mémoires sur les mesures de réglementation proposées. Il faut noter que le mandat du SPE lui permet soit d'être l'initiateur de mesures législatives ou réglementaires, soit d'aider les autres ministères qui peuvent en réclamer pour protéger l'environnement. Il est clair que le SPE assume le rôle de chef de file en ce qui a trait à la question du plomb dans l'essence.

Santé et Bien-être social Canada et le Conseil national de recherches du Canada ont apporté leur soutien. Le mandat de Santé et Bien-être social Canada, dans ce cas par l'intermédiaire de la Direction générale de la protection de la santé, est de promouvoir la santé des Canadiens et la réduction des maladies associées aux risques inhérents à l'environnement. Le CNRC, étant donné que le gouvernement lui a demandé d'élaborer des directives scientifiques pour définir la qualité de l'environnement, a formé le Comité associé sur les critères

scientifiques concernant l'état de l'environnement. Récemment, en 1984, à la demande du ministre de l'Environnement, la Société royale du Canada (1985) a été chargée de fournir au ministre un avis indépendant sur la question du plomb dans l'environnement canadien. La commission n'a aucun pouvoir et n'a qu'un rôle consultatif.

Implications de l'étude du cas de l'essence au plomb dans le cadre de l'évaluation des impacts cumulatifs

Les accords institutionnels associés à l'étude de cas portant sur l'essence au plomb ont été très simples. Il était clair que le SPE tenait le rôle principal, mais il est difficile d'évaluer dans quelle mesure les questions des effets technologiques et les effets sur la santé ont eu une influence sur le processus de prise de décision. Les considérations techniques ont été fournies en utilisant les rapports d'experts-conseils indépendants sur les études faites en vue de l'EISE; mais de nombreux rapports ont été déposés directement par des fabricants et des groupes industriels.

Le processus par lequel les résultats des EISE ont été traduits en teneurs précises en plomb de l'essence au plomb demeure obscur. Il semble que les teneurs en plomb de l'essence peuvent être établies en se basant sur les effets sur la santé, sur des critères économiques ou sur des facteurs techniques. Dans le cas de l'essence sans plomb, les règlements ont été entièrement basés sur les questions techniques et sociales, plus précisément sur la nécessité du bon fonctionnement des catalyseurs et sur la garantie qu'il sera possible de se procurer de l'essence sans plomb. Il ne semble pas que, pour fixer la teneur en plomb de l'essence au plomb, on se soit servi des fonctions dose-réaction relatives à l'exposition au plomb résultant de l'utilisation d'essence au plomb. La base des exigences serait la connaissance des relations entre le plomb dans l'essence, le plomb dans l'air, le plomb dans le sang et les effets sur la santé. Dans ce contexte, l'absence de normes canadiennes de qualité de l'air, pour ce qui touche au plomb, est étonnante. Le récent Criteria Document de l'EPA des É.-U. portant sur le plomb ambiant (Environmental Protection Agency, 1985) se sert des relations entre les teneurs en plomb de l'air ambiant et les taux de plomb dans le sang et les effets sur la santé qui lui sont associés, chez les groupes de population à plus hauts risques. L'EPA a établi des normes pour le plomb dans l'air ambiant, et il est intéressant de noter que trois provinces au Canada, celles qui ont les trois villes les plus importantes, ont établi des normes de qualité de l'air ambiant pour le plomb.

La question des effets sur la santé a été prise à coeur par les représentants de Santé et Bien-être social Canada, lesquels ont fortement appuyé la diminution progressive du plomb dans l'essence en vue de réduire les taux de plomb dans le sang. L'objectif principal déclaré était de réduire l'exposition au plomb, tant instantanée que cumulative, chez les humains, en diminuant les émissions de plomb par les véhicules automobiles. L'analyse coût-bénéfice n'a pas été appliquée aux effets sur la santé, mais elle l'a été pour d'autres options de contrôle. Dans l'évaluation des impacts socio-économiques relatives à la diminution progressive du plomb dans l'essence, il n'a jamais été question de faire une analyse coût-bénéfice des effets sur la santé. Il existe des méthodes d'évaluation de la mortalité humaine et, dans une certaine mesure, de la morbidité, mais ce sont encore des outils primitifs. Tant que de meilleurs liens entre les données sur les effets sur la santé et leurs causes ne seront pas établis, il sera difficile d'effectuer des évaluations rationnelles des impacts cumulatifs sur la santé. La méthode suivie par la Société royale du Canada fournit une base rationnelle, bien que discutable, pour établir les teneurs en plomb de l'essence. Cette méthode permet de penser que si l'on réduit davantage les teneurs en plomb de l'essence, il en résultera des effets bénéfiques, par suite de la réduction encore plus grande des taux de plomb dans le sang. On prévoit que le rapport final de la Société royale du Canada fournira plus de détails sur cet aspect. Son rapport provisoire traite de deux aspects importants dans l'évaluation des impacts cumulatifs. Le premier est la nécessité de prendre en considération les effets sur la santé qui peuvent résulter de l'utilisation d'agents anti-détonants de remplacement, et le deuxième est la répercussion que les règlements proposés sur les émissions d'hydrocarbures et de monoxyde de carbone auraient sur le problème du plomb dans l'essence. Ces aspects mettent en relief la nécessité de tenir compte de toutes les conséquences pertinentes d'une activité sur l'environnement et la nécessité de coordonner les mesures de réglementation qui ont non seulement des liens «recherche-écosystème» communs, mais aussi les mêmes liens «écosystème-gestion» (figure 4). En ce qui concerne la première question, il est évident que les effets des changements dans la construction des moteurs sur les émissions provenant d'automobiles munies d'un convertisseur catalytique n'ont pas été considérés, et mais il ne semble pas non plus que des efforts aient été déployés pour faire le lien entre les émissions de plomb et les autres polluants émis par les véhicules moteurs.

La deuxième question porte essentiellement sur la répercussion des règlements récemment promulgués pour limiter les émissions d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote provenant des véhicules légers et des camions utilitaires légers sur les règlements relatifs à l'essence au plomb. Ces règlements, désignés sous le nom de règlements sur les HC/CO/NO_x, exigeront l'utilisation d'essence sans plomb pour les véhicules légers et augmenteront en fait le nombre d'automobiles fonctionnant avec ce type d'essence. Chose intéressante, dans le cas des règlements sur les HC/CO/NO_x, les EISE ont fait mention des impacts sur la santé de la réduction de plomb imposée par les règlements sur les HC/CO/NO_x, ainsi que des effets majeurs, à savoir les précipitations acides et les oxydants. On pourrait faire valoir que les effets des polluants toxiques particulaires, spécialement ceux associés aux moteurs diesel, et en général ceux associés aux gaz d'échappement des automobiles, auraient dû être également pris en considération.

Puisque les émissions de plomb et de HC/CO/NO_x ont des sources communes et subissent des transformations dans les mêmes masses d'air, il semble simplement prudent d'examiner ensemble leurs impacts. Les caractéristiques communes au problème du plomb dans l'essence et à celui des précipitations acides et des oxydants soulèvent des questions liées aux

effets synergiques et demandent une démarche globale en matière d'évaluation environnementale. Il est évident que le processus de réglementation n'a pas toujours fait ces liens, que ce soit par le biais des liens «recherche-écosystème» ou celui des liens «recherche-gestion» (figure 4). Il faut noter qu'un seul organisme a joué le rôle de chef de file dans les deux questions, mais que son mandat législatif est nécessairement limité au Canada.

Quant à l'élaboration d'ententes appropriées en vue de régler les problèmes environnementaux, les méthodes existantes doivent être améliorées et de nouveaux accords institutionnels en matière d'évaluation des problèmes environnementaux connexes doivent être créés. Bien que la propagation à grande distance des HC/CO/NO_x et des précipitations acides ait été admise, les EISE n'ont pas inclus explicitement l'aspect international de la question. Il est évident que les organismes existants n'ont pas les mandats nécessaires pour s'attaquer aux problèmes environnementaux internationaux présentant des impacts cumulatifs. Dans ce contexte, il est utile aussi de se demander si les accords institutionnels existants peuvent s'attaquer aux problèmes qui chevauchent les compétences municipales et provinciales, en raison du transport à grande distance des polluants.

L'étude de cas portant sur le plomb dans l'essence montre que, lors de l'élaboration des règlements, il est nécessaire, pour évaluer les impacts cumulatifs, d'avoir une vue globale des impacts. Cela éliminerait le traitement apparemment distinct des questions environnementales qui lui sont liées. Comme le décrit l'étude de cas, il faut prendre en considération toutes les conséquences environnementales appropriées d'une activité et coordonner les initiatives de réglementation qui ont non seulement des liens «recherche-écosystème» communs, mais encore les mêmes liens «écosystème-gestion» (figure 4). Il est évident aussi, lorsqu'on examine les études de cas, que les organismes existants n'ont pas les mandats nécessaires pour traiter les problèmes environnementaux internationaux qui ont des impacts cumulatifs.

ÉTUDE DE CAS : IMPACTS CUMULATIFS SÉLECTIONNÉS DANS LES SYSTÈMES AQUATIQUES, LE BASSIN DE LA RIVIÈRE ATHABASCA (ALBERTA)

Le bassin de la rivière Athabasca est un réseau hydrographique très important de l'Ouest du Canada (figure 1) et apporte une grande quantité d'eau au réseau du fleuve MacKenzie. Le cours principal de la rivière Athabasca comprend une grande variété d'habitats ichtyologiques qui vont d'un cours d'eau clair et froid dans ses affluents supérieurs à une rivière à écoulement lent et chargée de limon près de son delta. Quelques emplacements, surtout ceux situés dans le Parc national de Jasper, ont une importance nationale et de nombreux autres, répartis dans tout le bassin, ont une importance locale, régionale ou, dans certains cas, provinciale. En plus des considérations importantes reliées à la production piscicole, l'eau provenant de ce bassin sert à la consommation urbaine et industrielle et elle a des applications en agriculture.

Depuis un siècle, la région a été soumise à des demandes croissantes de la part de nombreux secteurs. Toutes ont provoqué des changements «cumulatifs». Parmi les activités-clés ayant des impacts cumulatifs citons : l'extraction de sables bitumineux en surface et *in situ*, l'expansion urbaine, les activités de loisirs, l'agriculture, la foresterie, l'exploitation classique du pétrole et du gaz naturel, et l'utilisation d'insecticides. Bien entendu, chacune de ces activités ne peut être examinée à fond dans une brève étude de cas. Deux exemples ont été sélectionnés à cause de leur importance actuelle pour les gestionnaires de l'environnement de la région. Le programme d'extermination des mouches noires d'Alberta et la réglementation des effluents des industries connexes du pétrole offrent deux points de vue très différents et instructifs sur la façon dont la gestion des impacts cumulatifs est fortement influencée par les limites des juridictions et les mandats de réglementation.

Avant de se concentrer sur les deux exemples sélectionnés, il est utile de noter la diversité actuelle des méthodes de gestion à long terme des impacts cumulatifs dans le réseau. Ces méthodes vont de celles utilisées dans le Parc national de Jasper, tout à fait en amont du réseau hydrographique, jusqu'à des programmes de surveillance et de recherche à grande échelle, mais spécifiques à un site dans les régions en aval, plus particulièrement dans la région des sables bitumineux et celle du delta des rivières de la Paix et Athabasca. Chaque méthode a pour effet de fixer des limites au taux des impacts «acceptables» et exige des stratégies bien différentes.

Évidemment, le Parc national de Jasper est un exemple de gestion des changements cumulatifs, dans la région à l'étude, selon la méthode la plus conservatrice. Dans le parc national, une région spécifique a été délimitée et des directives strictes y ont été adoptées pour régir les taux et les types d'activités humaines permises. Toutefois, le fait d'entrer dans la catégorie des parcs nationaux a des connotations qui dépassent le maintien d'un «environnement dans son état premier». Il s'y produit, en fait, quelques changements cumulatifs. L'accroissement du nombre de visiteurs crée de la demande pour de l'hébergement. Il y a aussi une augmentation de la circulation, ainsi que du nombre d'animaux tués, de la quantité d'émissions d'effluents et de déchets. D'un autre point de vue, comme il s'agit d'un parc national on n'y fait pas d'exploitation forestière et la protection contre les feux de forêt y est plus importante. La maturité de la forêt augmente avec le temps, ce qui la rend «cumulativement» plus susceptible aux changements catastrophiques dus aux incendies, aux insectes et aux maladies. L'exemple du parc national montre que même les stratégies de gestion les plus conservatrices en vue de réduire le nombre des impacts cumulatifs laissent néanmoins apparaître quelques impacts.

L'autre extrême, dans le bassin, tant du point de vue géographique que de celui de la mise en valeur, est la région des sables bitumineux. Dans cette région, l'expansion industrielle est responsable, pour une large part, des impacts cumulatifs importants qu'entraînent les émissions de H_2S et de SO_x dans l'atmosphère, les émissions de nombreux composés chimiques dans les habitats aquatiques, l'exploitation d'importantes

mines à ciel ouvert et les impacts sur l'utilisation des terres qui lui sont associées.

Cheminements des impacts cumulatifs en cause

Dans la région de la rivière Athabasca, d'énormes nuées de mouches noires *(Diptera:Simuliidae)* apparaissent souvent dans les régions agricoles, et perturbent sérieusement l'élevage du bétail. Le problème a été traité en s'attaquant directement aux larves dans le cours principal de la rivière Athabasca au moyen d'insecticides, principalement du méthoxychlore. Le traitement de la rivière est confié à des agents mandatés par le ministère de l'Agriculture. Ces traitements, effectués deux fois par an, provoquent des impacts cumulatifs, principalement selon les cheminements n° 1 et n° 2, comme l'illustre la figure 2. Les éleveurs sont touchés par les impacts économiques provoqués par la présence de mouches, mais la source de l'infestation est une grosse rivière, un secteur qui, techniquement, ne relève pas du ministère de l'Agriculture. Les organismes s'occupant de pêche et d'environnement, dont relève la protection des rivières, se trouvent eux-mêmes tiraillés entre les revendications des agriculteurs et leur mandat de protéger le milieu aquatique.

Les traitements aux insecticides exterminent un nombre extrêmement élevé de larves de mouches, mais ils tuent aussi beaucoup d'invertébrés qui ne sont pas visés. Il n'est donc pas surprenant qu'il y ait eu de fortes controverses sur l'effet de ces traitements sur le milieu aquatique (Wallace, 1986a). Comme les traitements font l'objet d'un permis gouvernemental et ont pour but de diminuer la quantité d'une espèce d'insectes qui nuit à l'économie, les impacts environnementaux évidents sont négligés. Il se trouve donc qu'une échappatoire administrative a non seulement permis, mais encouragé les traitements répétitifs et ce, en dépit des impacts cumulatifs sur les populations d'organismes aquatiques.

Contrairement aux insecticides utilisés pour exterminer les mouches noires, les effluents de l'exploitation minière des sables bitumineux ont été étroitement surveillés et réglementés. Il est curieux de constater que ces effluents sont beaucoup moins toxiques que le méthoxychlore pour les espèces d'invertébrés de la rivière et, en fait, dans certains cas, ils peuvent même augmenter la productivité aquatique primaire (Lock *et al.*, 1981; et Wallace *sous presse*). Si, à long terme, ces effluents avaient des impacts comparables à celles des traitements contre les mouches noires autorisés par le gouvernement, ils provoqueraient probablement un tollé et leur réglementation serait sans doute exigée.

Si nous passons maintenant aux cheminements d'impacts cumulatifs potentiels associés aux activités industrielles des sables bitumineux, il faut reconnaître que la composition chimique du bitume change radicalement lorsqu'il est transformé en pétrole brut synthétique, comme l'ont montré Speight et Moschopedis (1981), qui ont comparé les propriétés du bitume et du pétrole brut synthétique. La teneur en carbone et en hydrogène du brut synthétique augmente, tandis que sa teneur en soufre diminue. La structure des hydrocarbures est aussi très différente : le brut synthétique ne contient ni asphaltène ni résines. Les processus améliorés qui transforment le bitume en pétrole brut produisent évidemment des déchets et ceux-ci passent principalement dans les eaux usées, bien qu'une grande partie du soufre que contenait le bitume soit dispersée dans l'atmosphère ou réduite à l'état de soufre élémentaire. Le processus amélioré du bitume exige une quantité considérable d'eau et de nombreux efforts de recherche ont visé à caractériser les constituants organiques des effluents du projet Suncor (Hrudey, 1975; Lake, 1976; Strosher et Peake, 1976, 1978).

Il est manifeste que plusieurs produits de carbone organique peuvent entrer dans la rivière Athabasca aux environs de Fort McMurray et, bien que la rivière contient naturellement des produits de carbone, les composés provenant des effluents industriels diffèrent en quantité et en composition des éléments qui s'y trouvent naturellement. Il est aussi bien connu que certains hydrocarbures, particulièrement ceux ayant une faible masse moléculaire, sont très toxiques, sinon létaux, pour le biote aquatique, même en très petite quantité. Malheureusement, les effets sous-létaux de ces produits, comme par exemple la coloration des poissons, sont peu connus, mais les composés aromatiques sont soupçonnés de produire de tels effets. Ces composés ne sont habituellement présents qu'en très petites quantités : leur concentration est souvent inférieure au seuil de détection des méthodes d'étude normales.

Des usines de pâtes et papiers déversent leurs eaux usées dans la rivière Athabasca, en amont des sites de traitement des sables bitumineux, ce qui fait ressortir davantage les difficultés inhérentes à l'évaluation ou au repérage précis des sources d'impacts cumulatifs dans les bassins «à usages multiples». Bien qu'on puisse s'attendre à ce que la dilution et l'oxydation des contaminants éventuels soient terminées avant que les eaux atteignent Fort McMurray, il est encore possible qu'une certaine coloration des poissons se produise. Il y a donc une nette possibilité d'impacts multiples (cheminements n° 3 de la figure 2) dans les habitats du réseau hydrographique de la rivière Athabasca.

Le taux d'absorption des composés odorants (et des hydrocarbures) par les poissons peut être très rapide. Ce taux peut dépendre de la concentration, de la durée d'exposition, de la température de l'eau et, peut-être avant tout, des espèces de poissons et de leur état physiologique. La voie d'absorption diffère aussi selon l'espèce de poisson. Ceux qui s'alimentent au fond de la rivière peuvent ingérer davantage d'hydrocarbures (dans leur nourriture ou les sédiments) que ceux qui se nourrissent de plancton ou que les prédateurs. Plusieurs études des espèces de poissons de la région des sables bitumineux ont été effectuées (Bond, 1980; Machnak et Bond, 1979). Les espèces importantes, du point de vue de leur valeur commerciale ou sportive et du risque de coloration, sont le corégone et le doré jaune. Le doré jaune est un prédateur et le corégone se nourrit au fond de l'eau; par conséquent l'ingestion de substances odorantes et les risques de coloration peuvent être différents selon les espèces.

La bio-accumulation des hydrocarbures dérivés du pétrole est liée à leur affinité avec certains composants des membranes biologiques et des matériaux cellulaires, plus spécialement les

composants lipophiles. Le coefficient de partage eau-octanol permet de prédire si un hydrocarbure donné peut s'accumuler dans un organisme. Ce coefficient est basé sur le rapport de la tendance des hydrocarbures à se concentrer soit dans le n-octanol, soit dans l'eau, lorsqu'ils sont en présence de ces deux solvants. Une grande gamme d'hydrocarbures dérivés du pétrole, y compris les effluents résultant de la production de combustible synthétique, ont un coefficient de partage eau-octanol élevé et sont facilement bioaccumulés par les organismes aquatiques (cheminement n° 2 de la figure 2). Cela explique aussi pourquoi les parties les plus grasses des poissons tendent à avoir de plus grandes teneurs en résidus d'hydrocarbures que les autres tissus. Les résidus d'hydrocarbures des poissons d'eau douce sont généralement dus au pétrole ou à des programmes d'épandage de pesticides. Dans la première catégorie, Ackman et Noble (1973) ont décelé des hydrocarbures dans la chair de corégone de la rivière Athabasca, dont la composition était semblable à celle d'une huile diesel déversée dans la rivière.

La discussion qui précède illustre la complexité de l'évaluation, du contrôle et de l'atténuation des impacts cumulatifs dans les limites du bassin de la rivière Athabasca. Non seulement les sources et la nature des effluents déversés dans la rivière sont complexes, mais chacune a ses propres normes antipollution en matière de déversements. Les normes actuelles ont tendance à ne pas tenir compte des impacts cumulatifs, quel que soit le cheminement (figure 2) qu'ils suivent.

Relation entre l'évaluation des impacts cumulatifs et le cadre théorique

Dans le cas du programme d'extermination des mouches noires, la complexité des cheminements des impacts cumulatifs en jeu et les incertitudes associées à l'état présent des connaissances en matière de conditions de surveillance écologique dans les grands réseaux de rivières font ressortir plusieurs liens importants entre les composantes «écosystème, recherche et gestion» du cadre théorique servant à l'évaluation des impacts cumulatifs (figure 4). Pour illustrer ces liens, il est important de noter que les impacts cumulatifs associés aux traitements à base de larvicides se produisent dans des rivières si grandes que toutes les tentatives de mesure des impacts ont échoué. Les techniques d'échantillonnage des populations d'invertébrés et de poissons dans de telles rivières sont encore embryonnaires, et seuls les changements les plus évidents sont mesurables. Ces incertitudes entretiennent les rivalités entre institutions, et la controverse scientifique dure depuis plusieurs années entre les protagonistes, c'est-à-dire les spécialistes dans le domaine des pêches et celui de l'agriculture, chacun des deux groupes ayant ses propres intérêts matériels dans son domaine de compétence, pour déterminer si les traitements devraient se poursuivre et dans quelles conditions.

Contrairement au cas des sauterelles, celui des insectes ravageurs des cultures, qui se reproduisent dans les rivières, se situe entre les contrôles actuels d'ordre juridictionnel et les contrôles administratifs. Par conséquent, les traitements annuels et les impacts cumulatifs se poursuivront sans doute et les organismes de réglementation continueront à s'affronter et demeureront incapables de résoudre le problème. Il est à prévoir que l'augmentation progressive de l'utilisation de l'eau en aval provoquera une confrontation entre les «utilisateurs» en aval et ceux en amont et que la solution adoptée sera légale et politique, et non scientifique. Actuellement, les utilisateurs d'eau en aval, qu'il s'agisse d'industries ou de particuliers, ne puisent pas d'eau lors du passage de l'insecticide dans la rivière. Les autochtones, eux, ne peuvent s'offrir ce luxe.

Composantes «écosystème» et «recherche» des impacts cumulatifs sélectionnés

Les difficultés que présente la quantification des données aquatiques d'une rivière aussi grosse et aussi longue que la rivière Athabasca constituent un empêchement majeur à l'évaluation des impacts cumulatifs. On sait que les insecticides tuent beaucoup plus d'invertébrés benthiques que toute autre incidence et que l'insecticide se biodégrade dans la chair des poissons. Aucune mortalité de poissons n'a été signalée, bien qu'on soupçonne la mort de petites larves sensibles. Ce qui est mal connu, ce sont les répercussions écologiques cumulatives à long terme sur le réseau hydrographique et sur ses populations de poissons. Il se peut que pendant plusieurs dizaines d'années nous ne puissions pas mesurer ces conséquences.

Certains composés, comme les phénols, sont bien connus pour leur propriété de colorer la chair des poissons, et ils sont bien réglementés. Toutefois, il existe une grande diversité de composés dans les effluents de l'industrie du pétrole qui peuvent avoir des conséquences sur les systèmes aquatiques. Ce qui est bien connu, c'est que des matériaux en provenance de sources naturelles ou artificielles sont libérés de façon continuelle dans le réseau hydrographique, et que leurs impacts cumulatifs ne sont pas connus.

Il est fort probable que la coloration de la chair des poissons d'eau douce dans la région des sables bitumineux soit associée à divers composants résultant de la valorisation de ces sables, parce que nombre de cas de coloration de poissons mentionnés dans la documentation sont attribuables à des mélanges d'hydrocarbures provenant de raffineries. Cependant, la présence naturelle de certains hydrocarbures dans la rivière Athabasca et ses affluents, aux environs de Fort McMurray, complique la situation. Cela est dû à l'érosion du bitume de surface et à son incorporation dans la colonne d'eau et dans les matériaux qui constituent le lit des cours d'eau. L'infiltration naturelle a rendu la qualité des eaux inacceptable pour de nombreux usages, à cause de leur haute teneur en hydrocarbures et autres constituants du goudron (Afghan et MacKay 1980).

Les demandes concurrentielles croissantes d'utilisation d'eau dans le bassin de la rivière Athabasca entraîneront, sans aucun doute, des conflits plus fréquents. Le rôle des organismes gouvernementaux dans la surveillance des impacts cumulatifs et dans leur prévision est toutefois hautement contestable car la détection d'impacts, même très importants,

est souvent un effet du hasard. La région des sables bitumineux a fait l'objet de quelques-unes des recherches environnementales les plus poussées au Canada, et pourtant nous n'avons toujours pas d'évaluation quantitative, ni même d'identification complète des hydrocarbures dans les effluents dont le déversement a été permis dans le réseau hydrographique. Les limites imposées aux effluents sont basées sur des normes assez rudimentaires qui tendent à ne pas tenir compte de la nature complexe des types d'hydrocarbures. De plus, peu de travaux ont été effectués pour établir un lien entre les contaminants artificiels ou naturels et les résidus décelés dans les systèmes écologiques (Wallace, 1986b).

Composante «gestion» des impacts cumulatifs sélectionnés

Les exemples sélectionnés utilisés dans cette étude de cas illustrent bien les lacunes d'ordre juridictionnel qui mènent à la perpétuation des impacts à long terme, face à un problème agricole défini. Les impacts ont été tolérés parce que les demandes en eau des utilisateurs dans les régions en aval avaient occasionné une gamme d'impacts sans causer de conflits. Chaque utilisateur final a une conception différente du bassin et des priorités en matière d'utilisation et de protection. Il n'existe pas d'organisme pouvant s'occuper de ces conflits, sauf au niveau politique.

À une époque où les industries, les municipalités et autres utilisateurs ont, pour une même région, des besoins en eau qui sont antagonistes, il est possible que certaines demandes entrent fortement en conflit avec les pratiques actuelles d'extermination des mouches noires. Par exemple, les collectivités autochtones, le long de la rivière Athabasca, ont fait part de leurs objections au traitement. De plus, les représentants de Pêches et Océans Canada ont fait part de leurs fortes inquiétudes au sujet des impacts à long terme sur l'écosystème. Les tentatives faites en vue d'arrêter le traitement se sont, cependant, vite heurtées à de gros intérêts agricoles qui sont, à leur tour, activement soutenus par les organismes gouvernementaux qui administrent les traitements à base de larvicides dans les rivières.

Il convient aussi de noter que des impacts cumulatifs sont peut-être en train de se produire dans ce grand réseau fluvial, sans que les organismes de réglementation ou de recherche en aient connaissance. Le problème sérieux de coloration des poissons, qui a provoqué la fermeture de la grande pêcherie commerciale en eau douce du lac Athabasca, au début des années 1980, est un exemple d'un tel problème. Son origine a été attribuée à un exploitant de sables bitumineux, mais la preuve n'en a pas encore été présentée dans la documentation scientifique, même si un procès important a été intenté en vertu de la Loi des pêcheries du Canada (Wallace, 1986b). Cet exemple illustre plusieurs aspects des changements cumulatifs dans les grands écosystèmes. D'abord, seule une modification massive de l'écosystème, dans le cas présent toute la population de poissons du lac Athabasca, a amené à reconnaître l'existence d'un problème. Ensuite, le changement a été décelé chez des organismes occupant un rang élevé dans la chaîne trophique, dont les poissons marchands, ce qui a eu pour effet la prise de mesures juridiques et économiques telles que la fermeture de la pêcherie et le versement d'indemnités. Chose intéressante, aucun programme important de recherche n'a été entrepris puisqu'on a supposé, en partie à juste titre, que l'épisode de coloration était dû à un déversement massif, dans la rivière, de polluants résultant des activités de raffinage des sables bitumineux.

Les émissions atmosphériques régionales ne peuvent pas être atténuées une fois qu'elles sont libérées et, dans ce cas, la stratégie doit donc se concentrer sur la récupération maximale des composés sulfurés permis par la technique et l'économie. Ces émissions, néanmoins, doivent entraîner des changements cumulatifs à long terme à l'échelle régionale, et contribuer aussi à ces mêmes changements à l'échelle nationale et internationale. Au niveau du site même d'exploitation, la perturbation des sols provoquera, à la fin de l'exploitation de la mine, un changement important de l'aspect du terrain dans la concession. De plus, les vastes étangs de résidus, remplis de produits chimiques toxiques et d'autres matériaux non récupérables, peuvent contribuer, au fil du temps, à des changements cumulatifs de l'atmosphère et des eaux souterraines.

La méthode de gestion des impacts cumulatifs dans la région des sables bitumineux a eu trois volets : les études de base spéciales à l'échelle régionale, la surveillance à long terme et les programmes gouvernementaux d'application de la Loi. Le Programme de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (PRESBA) est une étude fédérale-provinciale créée pour évaluer les conditions de base dans la région des sables bitumineux. L'étude, révolutionnaire à l'époque, a constaté l'ampleur des projets proposés et s'est concentrée sur les études de base régionales, qui vont au-delà des recherches sur les impacts plus spécifiques au site d'exploitation, que font les promoteurs. Bien que le programme ait été chargé de conflits organisationnels et se soit terminé par le retrait unilatéral prématuré du gouvernement fédéral (Wallace, 1981), la recherche a constitué une tentative unique des organismes fédéraux et provinciaux d'aborder la question des impacts aigus et cumulatifs. Les données de base ainsi recueillies peuvent servir de repère valable pour faire des comparaisons avec les changements futurs qui seront éventuellement observés.

Le deuxième volet, la surveillance à long terme, est une stratégie plus classique. Dans le bassin de la rivière Athabasca, la recherche sur les dépôts acides et les effluents est effectuée par des organismes de recherche officiels. Malheureusement, ils ne prévoient pas les changements cumulatifs; ils ne font que de la surveillance. La fermeture de la pêcherie de corégones du lac Athabasca, par suite de la coloration de la chair des poissons est un exemple de changements cumulatifs qui ont été notés, mais qui n'ont pas été étudiés en détail après leur découverte.

Les programmes gouvernementaux d'application de la Loi, qui constituent le troisième volet, contribuent à la surveillance au jour le jour, à l'application des limites légales régissant les émissions atmosphériques et aquatiques et à la mise en vigueur de programmes opérationnels de correction. Ici, les impacts cumulatifs sont rarement observés, sauf dans les cas

où des libérations catastrophiques de polluants ont contribué à de tels effets. Par exemple, on a pensé que la coloration des corégones du lac Athabasca par les phénols était due à la libération d'urgence de produits toxiques par un exploitant, et des mesures coercitives ont été amorcées.

En résumé, les impacts cumulatifs sont gérés à trois niveaux, chacun d'eux touchant à des périodes et des dimensions spatiales différentes. Les procédures de correction sont mises en oeuvre quotidiennement, comme la surveillance des effluents, mais chaque zone contribue petit à petit à des changements cumulatifs majeurs dans l'aspect du terrain et la qualité des habitats aquatiques.

Y a-t-il des leçons à tirer de ces diverses méthodes institutionnelles? Le fait que les trois méthodes ne soient pas suffisamment intégrées démontre une faiblesse. Par exemple, les limites quotidiennes imposées pour les effluents sont rarement basées sur des normes significatives liées aux changements cumulatifs à long terme. Les données sur la toxicité aiguë chez les poissons peuvent ne pas prendre du tout en considération les impacts cumulatifs à long terme de la coloration par les hydrocarbures ou les accumulations lentes des métaux lourds dans les chaînes trophiques. L'acidification à long terme des sols de la région peut aussi contribuer lentement à la mobilisation des métaux lourds dans les systèmes aquatiques. Ces observations permettent de penser que les impacts cumulatifs à long terme peuvent être liés. Les structures institutionnelles existantes tendent à être centrées non pas sur ces liens, mais sur les sources spécifiques d'apports aux systèmes naturels.

Il est rare que les systèmes de surveillance à long terme soient conçus pour communiquer les données directement aux organismes de surveillance continue des effluents qui délivrent les permis. Ces fonctions sont souvent réparties entre plusieurs juridictions et plusieurs institutions. Il est bien connu que les normes réglementaires portent rarement sur les dommages causés réellement à long terme aux écosystèmes. Il est regrettable que si peu de «recherches écosystème» soient entreprises pour mieux comprendre l'influence respective des rejets individuels et collectifs sur les normes d'effluents. Les sables bitumineux de l'Athabasca illustrent bien le cas où de tels programmes de recherche ont été appliqués; mais des impacts cumulatifs importants se sont produits malgré tout, et on sait maintenant que l'accumulation de métaux lourds se poursuit (Syncrude Canada Ltée, 1985).

Cette étude de cas montre que la structure juridique et organisationnelle des organismes de réglementation peut fortement influer sur les attitudes à l'égard des impacts cumulatifs. En fait, la définition du mot «cumulatif» est laissée aux différents groupes d'utilisateurs. Les mesures d'application ou les mesures de réglementation résultent le plus souvent de la perte soudaine de portions de l'écosystème appréciées pour des raisons esthétiques ou monétaires; mais la perte lente de ressources échelonnée sur des dizaines d'années échappe souvent aussi bien à l'attention des politiciens qu'à celle de ceux qui sont chargés d'appliquer les règlements.

Les exemples sélectionnés, décrits dans la présente étude de cas font ressortir le fait que chaque effet cumulatif doit être examiné soigneusement. Il peut être difficile d'évaluer avec précision toutes les conséquences possibles de nombreux changements, surtout dans les cas où se produisent de petits changements qui s'ajoutent les uns aux autres pendant de longues périodes, comme par exemple dans le cas de la dégradation d'un cours d'eau. Les changements par accumulation lente peuvent cependant, à long terme, avoir une répercussion beaucoup plus forte sur les écosystèmes que de nombreuses impacts soudaines et aiguës. Ces changements ont aussi de l'importance parce que, en plus d'être insidieux, il sont toujours plus difficiles à aborder à cause de problèmes de compétence et parce qu'il est souvent difficile de motiver le public et les organismes gouvernementaux de réglementation appropriés à s'attaquer à des changements lents et à long terme. La destruction par des ajouts extrêmement faibles (Gamble, 1979) est probablement la forme de changement cumulatif qui a le plus d'influence à l'échelle régionale; pourtant, c'est la forme la plus difficile à gérer.

Implications de l'étude du cas du bassin de la rivière Athabasca dans le cadre de l'évaluation des impacts cumulatifs

La présente étude de cas a révélé que peu de documentation a été publiée sur les changements cumulatifs à long terme (depuis 1800). Ce n'est que lors de l'exploitation d'importants gisements de sables bitumineux que des études environnementales de base ont été entreprises. Il est à présent difficile de se représenter ce qu'ont été les impacts cumulatifs majeurs qui ont pu commencer à se produire à l'époque des premières occupations européennes; cela fait ressortir l'importance du facteur temps dans les évaluations des impacts cumulatifs. De plus, le système aquatique est suffisamment grand pour rendre difficiles les évaluations quantitives, ce qui indique que la dimension spatiale est aussi un élément fondamentalement important de la gestion des impacts cumulatifs. L'absence de modèles prévisionnels à le niveau fait que seuls les changements massifs peuvent généralement être décelés. Étant donné ces circonstances, les demandes cumulatives et souvent concurrentielles imposées au système peuvent avoir des conséquences qui dépassent la capacité de détection des organismes de réglementation ou scientifiques, nonobstant les grands programmes de recherche mis en oeuvre dans la région.

Les conflits entre les demandes d'utilisation d'eau, lorsqu'ils surviennent, sont résolus le plus souvent par des mécanismes politiques, et ceux-ci peuvent ne pas tenir compte des preuves scientifiques, ni même des mandats de réglementation des organismes individuels. Les règlements peuvent porter surtout sur les effluents qui sont contrôlés par les règlements de sociétés et ne rien prévoir au sujet des polluants, tels que les insecticides utilisés pour l'extermination des larves, qui peuvent causer bien plus de dommages aux systèmes aquatiques que les effluents réglementés. On sait que les structures réglementaires existantes n'ont pas réussi à protéger la pêche en eau douce dans l'Athabasca, au moins en une occasion. Quoique les normes s'appliquant aux hydrocarbures polluants à effet cumulatif soient actuellement réexaminées par les organismes de réglementation, le nombre

réel de composés chimiques actuellement en cours d'évaluation est un problème pour ceux qui ont à élaborer des règlements. Hamilton (1986) a expliqué comme suit pourquoi cette méthode n'est pas adéquate à long terme :

> *Malgré la preuve évidente et non équivoque que les méthodes actuelles de gestion des eaux douces sont, hélas, inadéquates, les organismes et les bureaucraties à qui cette tâche incombe actuellement ont surtout à leur tête des personnes qui ne jurent que par des normes de déversement ou des normes basées sur la technologie.*

Hamilton (1986) en a conclu qu'il faudrait accorder moins d'attention aux études d'impacts environnementaux détaillées et que les gestionnaires devraient :

> *...considérer les processus plus importants qui ont davantage d'effet sur un problème donné....[de façon à].....prévoir davantage les impacts cumulatifs des processus interactifs, des politiques et des programmes.*

Hamilton (1986) a aussi insisté sur la nécessité de moins se fier aux règlements pour soutenir la viabilité à long terme des écosystèmes d'eau douce. C'est aussi l'avis d'Orians (1986), qui a fait remarquer que :

> *....la surveillance des produits chimiques est souvent favorisée parce que des normes réglementaires sont exprimées sous forme de concentrations de produits chimiques plutôt que sous forme d'effets biologiques présumés de ces concentrations.*

O'Riordan (1986) a signalé que, dans un autre réseau hydrographique, l'estuaire de la rivière Fraser, où la qualité de l'environnement est sérieusement menacée par de nombreuses sources de rejets et par de nombreuses pertes d'habitats, un accord fédéral-provincial a été signé en 1977. Le plan prévoyait des analyses des eaux usées et des tendances de la qualité des eaux réceptrices, ainsi que l'établissement d'objectifs de la qualité de l'eau. Dans le bassin de la rivière Athabasca, on a eu tendance à adopter la même méthode. Les perturbations des écosystèmes et l'exploitation des ressources renouvelables dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca, par suite de la construction d'un ouvrage hydroélectrique, illustrent le «pire cas» de tentative d'atténuation consécutive à de médiocres évaluations d'un projet et de ses impacts sur le bassin. Le Programme de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (PRESBA) est un autre exemple, peut-être complètement opposé, d'une grande quantité de recherches de base détaillées entreprises en parallèle avec les activités de mise en valeur des sables bitumineux. Cependant une grande partie de ces nombreuses données de base n'a pas encore été incorporée dans les normes ou les objectifs de gestion du bassin qui ont suivi.

Il existe d'autres exemples de tentatives d'introduction, en Alberta, de concepts de gestion ayant des bases plus larges. Le récent plan du bassin de la rivière Saskatchewan Sud (Alberta Environnement, 1984) et l'étude de la gestion de l'eau du lac Cold — rivière Beaver (Alberta Environment, 1983) ont tenté d'intégrer les conflits dus à des usages multiples dans le cadre de la planification. Bien qu'il reste beaucoup à faire avant que ces plans donnent des résultats pratiques et puissent être mis en oeuvre, ils représentent des étapes importantes vers une portée élargie de l'analyse et de la gestion environnementale. Par exemple, les auteurs du Plan du bassin de la rivière Saskatchewan Sud ont noté (Alberta Environment, 1984) que :

> *...nous ne pouvons gérer une rivière quelconque isolément des autres. Nous devons nous préoccuper des impacts que les décisions sur l'utilisation de l'eau et sa gestion dans un bassin auront...sur les deux autres bassins.*

L'étude de la gestion de l'eau du lac Cold — rivière Beaver (Alberta Environment, 1983) a aussi été conçue pour planifier la gestion des eaux de surface et des eaux souterraines des deux bassins. La possibilité de puisages importants d'eau pour la mise en valeur des sables bitumineux a servi de catalyseur au processus de planification, à la lumière des obligations relatives à la quantité et à la qualité fixées par l'Alberta-Saskatchewan Master Agreement on Apportionment. Le plan du bassin du lac Cold — rivière Beaver était innovateur, en ce sens qu'il était conçu pour «guider et/ou donner des avis aux différents utilisateurs d'eau sur la façon dont leurs besoins en eau seront satisfaits en même temps que ceux des autres utilisateurs». Ce plan à court terme établit l'intention de la Province de limiter le pompage d'eau dans certaines régions, de protéger les besoins en eau, de maintenir le contrôle de la gestion et de la surveillance de l'eau, et de limiter les impacts des déchets et du ruissellement.

Une telle planification sur une base large comprend les systèmes sociaux et écologiques, par conséquent on a cherché à obtenir l'avis du public sur chaque plan. Celui de la rivière Saskatchewan Sud, par exemple, a fait l'objet de longues audiences tenues par la Commission des ressources en eau de l'Alberta (Alberta Water Resources Commission), dont on attend un rapport final dans un proche avenir. Un des avantages d'un tel processus est qu'il tend à créer un contexte pour les projets d'exploitation actuels et futurs dans les bassins.

Un autre document plus récent, publié par les exploitants des sables bitumineux, montre que les évaluations des impacts cumulatifs par l'industrie (Syncrude Canada, 1985) ont un avenir prometteur. Un réseau de surveillance à long terme a été établi pour mesurer l'accumulation de métaux lourds dans l'air et les effets de l'acidification dans la région. Ce système de surveillance avancée offre des possibilités considérables, si on le place dans le contexte d'un programme de surveillance de 10 ans; et il montre que les promoteurs eux-mêmes peuvent être un élément vital de l'extension du processus des EIE comme première étape de surveillance des impacts cumulatifs. Cette initiative de l'industrie devrait être examinée de plus près par le CCREE en vue de son application possible, sur une plus grande échelle, à l'évaluation des impacts cumulatifs au Canada.

Les responsabilités de gestion partagées entre plusieurs entités administratives dans les bassins de rivières importantes tendent à être englobées dans des mécanismes de contrôle réglementaire et des stratégies plus larges. O'Riordan (1986) a

proposé, par exemple, d'aborder le problème de la dichotomie entre la centralisation et la décentralisation, en instaurant des techniques de médiation environnementale, puisque les décisions «basées sur la négociation peuvent offrir plus de possibilités d'adaptation que celles proposées par les organismes centralisés». Ceci reste encore à démontrer de façon concluante en Alberta, pour les bassins examinés. Toutefois, de récentes initiatives de la Commission chargée de l'économie des ressources en énergie (CCERE), lors de l'examen de la demande d'exploitation minière de Syncrude avec la bande indienne de Fort McKay, semblent favoriser nettement un règlement par médiation plutôt que de longues audiences.

L'initiative Fort McKay — CCERE a montré la valeur des EIE, en tant qu'élément d'un processus régional de décision. Bien qu'une EIE récente de Syncrude ait insisté sur les aspects «spécifiques à un site» de la demande d'agrandissement de la mine, la réponse de la bande indienne de Fort McKay, dans le débat de médiation de la CCERE, s'est concentrée sur des préoccupations situées à deux niveaux : les préoccupations relatives au site lui-même (projet) et les préoccupations régionales. L'apparition de préoccupations régionales chez les membres de la bande est une nouveauté étonnante, dans ce processus de médiation. Tout d'abord, les aspects régionaux sortent du cadre du mandat des examens normaux de la CCERE et ne sont pas traités par l'EIE de Syncrude. Ensuite, l'intervention de la bande débordait du cadre des directives prescrites pour l'EIE. Ainsi donc, le processus de médiation entamé par la CCERE a permis d'atteindre les résultats suivants : il a élargi la portée de l'EIE de façon à inclure les préoccupations régionales; il a permis de dépasser le discours habituel sur les limites de compétence des organismes (Alberta Environment et Alberta Fish and Wildlife Division) et de parvenir à une discussion plus vaste des questions liées au projet d'exploitation; il a contourné la nécessité d'audiences de confrontation; et il a permis des négociations directes entre les promoteurs, les intervenants et les organismes gouvernementaux.

En effet, ce processus de médiation a grandement étendu les limites traditionnelles du processus des EIE et a donné aux organismes de réglementation une perspective de prise de décision grandement améliorée. De plus, les promoteurs ont eu la possibilité de répondre directement aux intervenants et de négocier des solutions, ce qui constituait une partie du processus d'examen des EIE, avant que des décisions fondées sur des règlements ne soient prises par l'organisme qui délivre les permis, ou au moins conjointement avec eux.

Sadler (1986) a prévu une évolution similaire vers la médiation en matière de gestion des impacts cumulatifs, en notant que :

> *...les modèles complexes ne parviennent pas à faire des prévisions d'impacts à long terme. Mais des modèles plus simples, qui incorporent le pour et le contre des différentes possibilités d'atténuation peuvent être déterminants dans l'élaboration de solutions négociées aux problèmes... Reste qu'on rencontre des problèmes lorsqu'on s'écarte de la négociation comme processus pour dissiper les incertitudes scientifiques pour s'orienter vers la médiation comme processus de règlement des conflits sur les questions de valeurs.*

On peut partiellement compenser le caractère incertain de la prévision des impacts cumulatifs par le recours continu à des pratiques de médiation-négociation entre les parties intéressées. Le succès de la gestion de l'environnement dans des systèmes restreints et les difficultés énormes que présente celle des régions plus ouvertes (un estuaire ou un territoire dépendant de plusieurs entités administratives) mettent en relief l'importance que peut avoir une telle méthode. Il se peut que les méthodes centralisées traditionnelles d'atténuation des effets sur l'environnement soient un jour complètement démodées en ce qui concerne la gestion des impacts cumulatifs. Il se peut aussi que l'exemple de Fort McKay — CCERE, s'inspirant du bassin de la rivière Athabasca, mène à un processus de médiation et de consultation plus large dans lequel les grands organismes centralisés, qui jusqu'à maintenant ont détenu le seul mandat de contrôle de l'environnement, ne deviendront qu'une partie.

L'existence de liens entre l'EIE et la planification de bassins peut encore être démontrée par des façons qui ne sont pas traditionnellement prises en considération par les organismes existants. La suggestion de Beanlands (1986) que les directives en matière d'études d'impacts environnementaux peuvent «définir la ou les unités de gestion en jeu ou fournir les critères permettant d'établir les limites» est bonne. Mais, jusqu'à ce jour, il est rare que les travaux d'EIE s'aventurent dans ce qui peut devenir une arène politique. Tant les évaluateurs d'impacts (promoteurs) que les organismes de réglementation ont des intérêts propres qui les incitent à ne pas permettre que de telles évaluations prennent de l'ampleur. Cependant, ils peuvent accueillir favorablement le concept de directives qui définissent clairement les limites des évaluations, même si les promoteurs sont réticents et hésitent à participer à des discussions des impacts en dehors des régions pour lesquelles ils ont une concession.

L'étude de cas du bassin de la rivière Athabasca permet de penser que les processus possibles d'EIE seront limités jusqu'à ce que les mécanismes législatifs actuellement existants soient employés. Une autre possibilité est que les processus d'EIE, dans des cas tels que ceux des bassins des rivières Athabasca ou Saskatchewan Sud, se concentrent sur les initiatives existantes d'aménagement des bassins. Toutefois le cas du bassin de la rivière Athabasca laisse penser que les processus d'EIE ne peuvent être que peu améliorés par une telle méthode. Une condition préalable est la mise en oeuvre et l'élaboration, dans de brefs délais, de plans régionaux de gestion de bassins au sein desquels l'accent pourrait être mis sur les EIE. On ne peut s'attendre à ce qu'une telle initiative découle en premier lieu, ou à part entière, du processus d'EIE lui-même; elle proviendra plutôt d'initiatives gouvernementales plus vastes de planification de stratégies de bassin. Dans ce contexte, le CCREE pourrait concentrer son attention sur les cas de réussite et encourager l'utilisation de ces stratégies ailleurs.

L'initiative Fort McKay — CCERE montre aussi que l'incitation à prendre des initiatives d'aménagement des bassins,

lorsqu'elle est combinée à des processus d'EIE plus traditionnels, pourrait être catalysée par des processus de médiation ou des processus négociés entre les parties intéressées. Bien que ce soit un domaine de développement récent, les initiatives prises dans le cadre du bassin de l'Athabasca ouvrent de grandes possibilités. Dans de telles conditions, les EIE pourraient ne plus être au centre du processus de réglementation et d'examen et devenir une étape d'identification des problèmes à l'intérieur de procédures institutionnelles et réglementaires plus vastes. Le CCREE devrait envisager de faire des recherches sur les stratégies qui permettraient d'appliquer de telles solutions par médiation dans le contexte des processus d'EIE existants. Le CCREE pourrait jouer le rôle de chef de file dans l'identification des régions, des projets et des parties intéressées auxquels de tels processus pourraient s'appliquer.

Pour faire progresser ces idées, le CCREE pourrait jouer un rôle important en promouvant l'éducation du public et la diffusion des informations sur les réussites en matière de gestion des impacts cumulatifs au Canada. L'utilisation d'exemples spécifiques réussis, du genre de celui de Syncrude Canada Ltée (1985), pourrait aider les organismes à faire des évaluations et à se servir d'exemples pris dans d'autres régions. Ces applications de la gestion sont peut-être bien connues des universitaires, mais sont souvent mal comprises des autres gestionnaires de ressources au Canada. Le CCREE pourrait avoir un rôle de formateur et élaborer des stratégies pour faciliter la communication entre les organismes chargés de prendre les décisions et de promouvoir la création de réseaux de surveillance des effets à long terme.

ÉTUDE DE CAS : PRATIQUES D'UTILISATION DES TERRES, FRAGMENTATION DE L'HABITAT ET CHANGEMENTS DES SOLS DANS LES PROVINCES DES PRAIRIES

Cette étude de cas porte sur plusieurs impacts cumulatifs sélectionnés dans une grande zone géographique allant de la région de la rivière de la Paix, au nord-est de la Colombie-Britannique, jusqu'au sud-est du Manitoba, et de la frontière des États-Unis vers le nord jusqu'à la ligne délimitant la zone agricole et la zone forestière à la lisière sud de la forêt boréale (figure 1). Une vaste région d'étude comme celle-ci est soumise collectivement à des types d'impacts cumulatifs variés qui mettent en jeu les composantes atmosphériques, terrestres et aquatiques d'écosystèmes. Toutefois, cette étude de cas a limité sa portée aux impacts cumulatifs terrestres. Elle fait ressortir les exemples de problèmes spécifiques, associés à la gestion des impacts cumulatifs, quand ceux-ci sont le résultat de nombreuses petites actions qui, individuellement, sont considérées comme sans importance du point de vue de l'environnement.

Il y a eu peu de mégaprojets dans la région, et les concentrations de perturbations majeures des écosystèmes préexistants sont limitées aux régions urbaines, à l'exploitation minière des sables bitumineux, à l'extraction du charbon dans le sud de la Saskatchewan, à la partie inférieure des contreforts des Rocheuses, en Alberta, et au lac Diefenbaker, sur la rivière Saskatchewan Sud. Les perturbations d'intensité moyenne (celles qui sont moindres que les changements majeurs apportés par l'homme, mais plus grandes que les opérations agricoles et forestières générales) ont lieu dans : 1) les régions bien précises de fragmentation grave de l'habitat causée par les réseaux routiers et les lignes de prospection sismique dégagées, comme c'est le cas dans les collines Swan, en Alberta; 2) les réseaux d'installations de production pétrolière en de nombreux endroits de l'Alberta, à l'ouest et au sud de la Saskatchewan et au sud-est du Manitoba; 3) les usines de pâtes à papier et les travaux d'exploitation forestière connexes à Hinton, en Alberta, et à Prince Albert, en Saskatchewan; 4) enfin, les régions entourant plusieurs mines de potasse de la Saskatchewan.

L'accent a été mis surtout sur les changements cumulatifs de faible intensité qui se produisent dans toute la zone d'étude. Les ajouts associés à de nombreuses petites opérations semblent peu importants, mais ils offrent des défis spéciaux lorsqu'il s'agit d'évaluer et de gérer des impacts cumulatifs sur une échelle régionale. Les changements dans l'utilisation des terres, la fragmentation de l'habitat, plusieurs sortes de changements des sols associés aux activités agricoles et la dépendance toujours croissante à l'égard des produits chimiques agricoles ont été sélectionnés pour illustrer ce que Odum (1982) a appelé la «tyrannie des petites décisions».

Les questions liées à l'eau n'ont pas été étudiées, bien qu'elles fassent partie intégrante des impacts cumulatifs dans le cas de la région étudiée. Plusieurs questions relatives à l'eau ont été décrites ci-dessus et d'autres analyses récentes sur le sujet comprenaient celles effectuées par Alberta Environment (1984), Lane et Sykes (1982), le Comité du bassin du Mackenzie [Mackenzie River Basin Committee] (1981), Pearse *et al.* (1985), Sadler (1983, 1984).

Cheminements des impacts cumulatifs en jeu

Les exemples dans cette section illustrent les changements cumulatifs qui résultent de milliers d'activités individuelles dans une vaste région. Les exemples suivent le cheminement n° 1 de la figure 2, ainsi que les impacts multiples (cheminement n° 3).

La concurrence entre les utilisations des terres à des fins agricoles et celles à des fins forestières est la question centrale associée à la ligne séparant les zones agricole et forestière au Canada, et un certain nombre d'impacts cumulatifs résultent de cette concurrence. C'est surtout dans les provinces de l'Ouest que l'agriculture et la foresterie sont régulièrement en concurrence pour les mêmes terres (Fox et Macenko, 1985). En Colombie-Britannique, en Alberta et au Manitoba, la tendance générale a été l'expansion des terres agricoles au détriment des forêts. Une certaine expansion agricole limitée s'est aussi produite en Saskatchewan. De 1961 à 1976, un déplacement important de l'agriculture vers l'ouest du Canada a été accompagné par une plus grande intensification de la culture sur les terres les meilleures et par l'abandon de celles qui convenaient moins bien à l'agriculture. Dans la principale région agricole des provinces des Prairies, une ferme moyenne en 1976 couvrait plus de 300 hectares, soit une augmentation

de 20 p. 100 par rapport à 1961. La région de la rivière de la Paix au nord-ouest de l'Alberta et au nord-est de la Colombie-Britannique est celle qui a pris la plus grande avance, avec une augmentation de 60 p. 100 de la superficie moyenne des fermes, qui atteignait 313 hectares en 1976 (McCuaig et Manning, 1982).

Un indice de ressources agroclimatiques (IRAC) a servi à déterminer les régions les plus propices à la production agricole. À elles deux, la Saskatchewan et l'Alberta disposent de 61 p. 100 des terres agricoles de qualité supérieure au Canada. Leur IRAC est respectivement de 1,4 et 1,5. Seulement 15 p. 100 des terres agricoles du Canada ont un IRAC de 2,0 ou plus et elles sont situées au Québec et en Ontario. Les terres agricoles à haut rendement qui ont été perdues doivent nécessairement être remplacées par de nouvelles terres situées dans les régions agricoles périphériques, plus particulièrement dans le district de la rivière de la Paix en Alberta et en Colombie-Britannique, dans la zone argileuse du nord de l'Ontario et dans des régions disséminées ici et là dans les Maritimes. L'IRAC du district de la rivière de la Paix est de 1,0. Cela veut dire que, pour remplacer les terres agricoles de première qualité qui ont été perdues (IRAC de 2,0), il faut le double de superficie dans le district périphérique de la rivière de la Paix, où le climat restreint les types de récolte possibles. Le résultat socio-économique cumulatif est que le remplacement ne peut se faire qu'à des coûts de plus en plus élevés de mise en valeur des terres, de l'énergie et de transport par unité de production alimentaire (Direction générale des terres, 1985). Au lieu d'utiliser des régions marginales pour remplacer les terres de première qualité perdues, on peut exploiter de façon plus intensive les terres agricoles de première qualité existantes, au risque de provoquer des dégradations cumulatives de la terre sous d'autres formes.

Pendant que l'expansion agricole se poursuivait au cours des dernières décennies, dans la région périphérique nord faisant l'objet de la présente étude de cas, quelques-unes des terres agricoles les plus productives ont disparu au profit de l'expansion urbaine et d'autres formes de construction. La juxtaposition de terres à haute densité de population et de terres propices à l'exploitation agricole a eu pour conséquence de sérieux conflits dans l'utilisation des terres. Au Canada, plus de 3,5 millions d'acres de terres agricoles ont été convertis à des fins urbaines entre 1951 et 1976 (Comité sénatorial de l'agriculture, des pêches et des forêts, 1984). L'augmentation de la surface des terrains bâtis, en Alberta seulement, a été de 145,2 p. 100 entre 1951 et 1981 (Bird et Rapport, 1986).

L'expansion urbaine a eu, elle aussi, une répercussion sur les territoires abritant la faune aquatique en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan (Direction générale des terres, 1985; Warren et Rump, 1981), mais l'élargissement des routes et l'agrandissement du réseau routier est encore une source plus importante d'impacts cumulatifs. En Alberta, si on se base sur les informations compilées jusqu'en 1977 (Thompson, 1977), les routes, les autoroutes et les réseaux de transport occupent quatre fois plus de terres que les zones urbaines. Au Canada, la longueur totale de routes asphaltées n'a pas cessé d'augmenter depuis 1960, mais ce sont les provinces des Prairies qui occupent le deuxième rang au pays pour la proportion de changement (204 p. 100) : la longueur de routes asphaltées est passée de 18 731 kilomètres en 1960 à 56 988 kilomètres en 1975 (Bird et Rapport, 1986). Ces changements dans l'utilisation des terres ont mené à la fragmentation de l'habitat de la faune.

Pour que la plupart des espèces de la faune puissent subsister dans de bonnes conditions, une superficie d'habitat minimale non fragmentée ou une superficie plus importante partiellement fragmentée est nécessaire. Bien que la fragmentation de l'habitat ait fait l'objet d'observations directes dans certaines régions (Burgess et Sharpe, 1981; Salwasser, 1986), la plupart des informations publiées, pour la zone dont il est question dans la présente étude de cas, traitent de son complément : la perte en habitat. Par exemple, Thompson (1982) en Alberta, Dancik *et al.* (1979) en Alberta, et Boateng (1984) en Colombie-Britannique fournissent des données sur les pertes en habitat. Ces exemples offrent des preuves indirectes de la fragmentation de l'habitat, nuisible aux espèces fauniques vivant dans un peuplement forestier touffu, mais avantageuse pour celles qui fréquentent les lisières des forêts. Westworth et Brusnyk (1984) ont étudié ces dernières en relation avec les droits de passage des pipelines dans les régions forestières. La diminution de la population de la faune aquatique due à la perte d'habitat en terrain marécageux a fait l'objet d'études approfondies (Environnement Canada et Department of the Interior des É.-U., 1985). À partir de la documentation existante, Rubeck et Rump (1984) ont calculé la perte nette en marécages dans différentes régions de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. Habitat faunique Canada (1985) a estimé, grosso modo, que les marécages des Prairies sont progressivement détruits à raison de 2 p. 100 par année. Westworth et Brusnik (1983) ont étudié l'influence des dimensions et de la forme des habitats restants sur les population de cerfs de Virginie. Pour les espèces animales dont l'importance commerciale est moins grande et pour les plantes, il semble qu'on dispose de très peu d'informations sur la fragmentation de l'habitat dans la région dont il est question dans la présente étude de cas (M. Dale, communication personnelle).

Des changements dans la production agricole au cours des dernières années ont incité à certaines pratiques dont le cumul a contribué à l'érosion des sols : l'augmentation des terres cultivées et des terres labourables, la poursuite de la pratique continue de la mise en jachère d'été, l'utilisation réduite des graminées et des légumineuses à l'occasion des rotations de cultures, l'intensification de l'utilisation des terres en raison de l'augmentation de la taille des fermes et de l'emploi d'une plus grosse machinerie, l'expansion de la monoculture et la spécialisation accrue (Comité sénatorial de l'agriculture, des pêches et des forêts, 1984).

La capacité de rétention d'eau du sol est réduite par suite de la perte de terre due à l'érosion par l'eau et le vent, qui entraîne la disparition d'éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes ainsi que celle de matières organiques. L'envasement des canaux naturels de drainage superficiel est un effet cumulatif instantané. Dans la région des Prairies, les pluies d'orage d'été, peu fréquentes mais intenses, sont une

cause importante d'érosion par l'eau en nappes, en rigoles ou par ravinement. Les terres ondulées à l'ouest de la vallée de la rivière Rouge, au Manitoba, pourraient en être un exemple, comme le sont les régions inférieures des contreforts des Rocheuses en Alberta, la région de la rivière de la Paix et la région centrale de la Saskatchewan, de Prince Albert à Yorkton (Simpson-Lewis *et al.*, 1983).

L'érosion des champs en jachère d'été est le double de celle des champs de blé dans un système blé-jachère, et une étude de la région de Swift Current, dans le sud-ouest de la Saskatchewan a révélé que les jachères d'été perdent quatre à huit fois plus de sol pendant la fonte des neiges que les chaumes (Nicholaichuk et Read, 1978). Les tendances récentes vers la réduction des superficies en jachère l'été et l'utilisation croissante des méthodes de labour superficiel ou des méthodes sans labour devraient réduire l'érosion. Cependant, l'érosion totale du sol augmente dans la région de la rivière de la Paix où le défrichement des terres se poursuit (Simpson-Lewis *et al.*, 1983). Au sud du Manitoba, sur les sols sablonneux, où la culture en larges bandes du maïs et de soja s'accroît, l'érosion des sols s'accentue en raison du peu de protection offerte par ce type d'exploitation.

Le vent emporte souvent la partie la plus riche des sols, car la matière organique indispensable s'y trouve sous forme de petites particules qui sont facilement transportées par le vent. L'importance économique de la perte de la couche arable est indiquée par le fait que l'enlèvement de 2,5 cm de terre d'un hectare de terre brune emporte 160 tonnes de sol et suffisamment d'éléments nutritifs pour produire 1 235 boisseaux de blé (par hectare). S'ajoute à cette perte celle des engrais qui ont été épandus récemment.

La diminution de la fertilité des sols a été partiellement masquée par l'augmentation de production due aux engrais, aux herbicides et aux variétés améliorées des espèces ensemencées. Cependant, ces progrès techniques n'ont pas compensé la perte nette cumulative de biomasse organique. Lorsque les réserves organiques s'épuisent et que la teneur du sol en ces substances tombe au-dessous d'un seuil critique, le sol devient instable et sujet à l'érosion (Sanderson, 1982), effets qui sont aggravés par la sécheresse.

Des superficies importantes de sol des Prairies ont besoin maintenant d'engrais azotés, même après avoir été laissées en jachère (Beaton, 1980). Une perte considérable de matières organiques totales s'est produite avec le temps, par suite de l'exploitation des sols des Prairies. La teneur en matières organiques des sols cultivés des Prairies a diminué de 48 p. 100, comparativement aux terres d'origine (Bentley et Leskiw, 1984). McGill *et al.* (1981) ont déterminé que le pourcentage de pertes en matières organiques du sol provenant des horizons éluviaux des sols des Prairies va de 41 p. 100 pour les sols bruns à 49 p. 100 pour les sols noirs depuis que la culture a été entreprise. Les sols gris des régions forestières, le long de la bordure nord de la zone dont il est question dans la présente étude de cas, a perdu en moyenne 36 p. 100 de matières organiques au cours de la période de culture. Cette perte a une répercussion sur la capacité de rétention du sol et provoque l'apparition de problèmes reliés à l'érosion des sols, à la modification de leur structure et à la propagation des sels dans le sol. Les systèmes de cultures, avec mise en jachère des sols en été, laissent le sol sans végétation et bien aéré pendant de longues périodes, ce qui provoque une diminution des matières organiques, une moindre résistance à l'érosion et une stabilité moindre (Simpson-Lewis *et al.*, 1983) que dans le cas des pâturages ou des rotations de cultures fourragères. La situation a atteint de telles proportions dans certaines régions que plusieurs spécialistes parlent de réhabilitation des sols, et pas seulement de leur conservation.

Bien que la perte en éléments nutritifs par lessivage soit habituellement associée aux climats dans lesquels les précipitations dépassent largement l'évaporation, des recherches récentes ont révélé que les nitrates sont lessivés dans les conditions semi-arides des Prairies. Des constatations faites dans le sud-ouest de la Saskatchewan montrent que, au cours des années humides, les nitrates étaient lessivés au-dessous du niveau des racines des céréales (Campbell *et al.*, 1985). Les séquences de culture qui provoquaient la plus grande perte de nitrates étaient les rotations blé-jachère de courte durée, sur deux ou trois ans, sans ajout d'engrais. Même si du blé était cultivé chaque année, des nitrates étaient perdus pendant les années humides. Ces résultats récents permettent de penser que le lessivage a été autant responsable des pertes en nitrates que l'érosion, si on se base sur les données relatives aux précipitations pendant la période de croissance. Ces données météorologiques montrent qu'au cours de 30 des 96 dernières années, les précipitations ont été égales ou supérieures à celles de l'année de l'étude (1982), soit 243 mm. Ces résultats sont un exemple du type de renseignements de base dont on a besoin pour évaluer les changements cumulatifs de teneur du sol en éléments nutritifs. Ils montrent que l'équilibre des éléments nutritifs des sols est un sujet de préoccupations important. Dans les provinces des Prairies, de 1960 à 1962, l'absorption des éléments nutritifs par les récoltes provenait principalement de la composition naturelle du sol. En 1962, la situation avait considérablement changé (Bird et Rapport, 1966).

Des effets indirects sont associés aux changements cumulatifs décrits ci-dessus. Les problèmes qui leur sont associés, comme l'acidification et le tassement des sols, résultent des pratiques de culture intensive et d'autres activités qui nécessitent des applications d'engrais et d'autres activités requérant l'emploi de machinerie agricole. L'acidification du sol peut être naturelle ou elle peut résulter de facteurs tels que l'épandage d'engrais, le système de culture choisi, les méthodes de gestion du sol et les émissions industrielles. L'usage d'engrais azotés et les précipitations acides amplifient les problèmes d'acidité des sols (Bentley et Leskiw, 1984), de sorte que le chaulage est de plus en plus recommandé pour que les sols restent productifs. L'utilisation de la chaux dans les Prairies est un phénomène récent dû à l'utilisation de quantités considérables d'engrais azotés au cours des dernières années. On a estimé que, depuis 1985, en Alberta et dans le nord-est de la Colombie-Britannique, l'acidité produite par l'emploi des engrais azotés peut obliger à épandre plus de 250 000 tonnes de chaux par année pour compenser la baisse de production qu'elle entraîne. Cependant, les opérations de chaulage

peuvent être limitées par les coûts d'extraction, de transformation, de transport et d'épandage de la chaux, malgré un programme d'aide au transport de la chaux institué par le gouvernement de l'Alberta (Bentley et Leskiw, 1984; Bircham et Bruneau, 1985).

L'augmentation de la présence de sels est un autre effet cumulatif associé aux méthodes agricoles actuelles. Il est connu depuis longtemps en tant que problème local; il est identifié dans les régions d'irrigation comme un problème de fuites en provenance des canaux. Il est reconnu maintenant comme un problème urgent de la culture en terrain sec. Les sels solubles, surtout le sulfate de magnésium, le sulfate de sodium et le sulfate de calcium, augmentent la pression osmotique de la solution du sol et interfèrent avec l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs par les plantes. Les plantes sont perturbées par ces contraintes en présence d'eau. La distribution des sols ayant reçu un ajout artificiel de sels est, par nature, très inégale, ce qui fait qu'il est difficile d'évaluer avec précision la superficie totale touchée; mais il est facile de l'identifier comme un risque cumulatif croissant pour la production végétale.

Quelques spécialistes (Henry, 1986) considèrent la salinité comme un problème d'eau plutôt que de sol, parce que beaucoup de sols riches en sels sont excellents, si on en juge par tous les critères autres que celui de la teneur en sels. Les deux conditions à remplir pour que des sols deviennent salins sont : une source d'eau et de longues périodes de l'année au cours desquelles l'évaporation est plus importante que la quantité d'eau entrant dans le sol, par suite des précipitations ou de l'irrigation. Parfois la salinité du sol résulte de l'écoulement de l'eau qui se déplace latéralement dans le sol, à cause de la présence de couches imperméables, et qui se déverse ensuite à un niveau inférieur. De telles conditions existent dans la région centrale du sud de la Saskatchewan et dans certaines parties de l'Alberta et du Manitoba.

La salinisation du sol est souvent due au débit d'eau souterraine en provenance de la roche de fond et des nappes aquifères glaciaires sous pression artésienne (Henry 1986). De telles situations sont fréquentes en Saskatchewan. Dans de tels cas, l'eau entre surtout par des terrains marécageux dans des nappes aquifères qui fournissent un milieu très perméable et permettent un déplacement sur de grandes distances à partir du point d'entrée. Lorsque les nappes aquifères deviennent discontinues, les pressions fournissent un gradient ascensionnel qui transporte l'eau et les sels vers la surface et maintiennent un niveau hydrostatique élevé grâce à des mouvements constants vers le haut en provenance des nappes aquifères.

Le système de rotation blé-jachère, qui a si longtemps été considéré comme un moyen de conservation du sol, a contribué à la perturbation du cycle de l'eau, de telle sorte que les sels qui se trouvent naturellement dans les sols à une certaine profondeur ont été dissous et amenés dans la couche de surface, où leur présence a rendu le sol stérile (Sanderson, 1982). Des estimations grossières permettent de penser que, dans certaines régions, la salinisation peut se propager à raison d'environ 10 p. 100 par année (Bentley et Leskiw, 1984). Une récente étude de la dégradation des terres dans les Prairies (Administration du rétablissement agricole des Prairies — ARAP, 1983) est parvenue à la conclusion que la salinisation peut être la cause de pertes économiques annuelles quatre à cinq fois plus importantes que les pertes économiques annuelles combinées dues à l'érosion, à la perte d'azote et à l'acidification. Ce même organisme reconnaît que la pratique extensive de la jachère d'été est de loin la cause la plus importante de dégradation des sols dans les provinces des Prairies (ARAP, 1983).

Le dernier exemple d'impacts cumulatifs liés à l'agriculture est celui de l'utilisation sans cesse croissante des produits chimiques à des fins agricoles. La tendance à des méthodes de culture avec peu ou pas de préparation des sols est une incitation à l'utilisation d'herbicides. Les rapports de ventes révèlent que de grandes quantités d'insecticides, d'herbicides et de fongicides sont utilisées annuellement au Canada. En 1977, les ventes de fongicides au Canada étaient de 8 millions de dollars, celles d'insecticides de 21 millions de dollars et celles d'herbicides de 125 millions. Des données assez précises sont présentées chaque année à la réunion du Comité d'experts en malherbologie; mais les données complètes sur les quantités d'insecticides, de fongicides et d'herbicides utilisés au Canada ne sont pas disponibles. Les données de Statistique Canada sont présentées de façon à protéger le secret industriel; par exemple, les données relatives à plusieurs composés sont groupées ou ne sont tout simplement pas fournies. Une évaluation précise du rôle actuel et futur des pesticides dans l'ouest du Canada n'est donc pas possible (Hay, 1980), et cela constitue un défi majeur pour les évaluations des impacts cumulatifs des produits chimiques utilisés en agriculture.

R. Owens (communication personnelle) a compilé les renseignements suivants à partir des dossiers sur les produits chimiques, déposés par les utilisateurs autorisés en Alberta, en 1982. La règle empirique généralement acceptée dans la documentation est que l'utilisation des produits chimiques correspond à environ 10 p. 100 du total.

Insecticides	**kg**
Malathion	6 276
Chlorpyrifos	4 630
Diméthoate	4 046
Carbofuran	2 127
Diazinon	1 875
Carbaryl	1 418
Méthomyl	1 118
Méthoxychlore	971
Trichlorfon	614
Temephos	589
Total	23 664 kg
Total de tous les insecticides (40 produits)	25 526 kg

Herbicides	kg
Triallate	185 589
2,4-D	161 161
MCPA	36 923
Trifluraline	22 929
Piclorame	17 808
Bromoxynil	10 147
Dicamba	9 170
Diclofop-méthyl	8 280
Difenzoquat	7 764
Acroléine	7 388
Total	467 159 kg
Total de tous les herbicides (50 produits)	529 300 kg

Fongicides	kg
Carbathiinne	19 922
Bénomyl	2 570
Chlorothalonil	1 329
Thirame	1 275
Pentachlorophénol	1 101
Total	26 197 kg
Total de tous les fongicides (19 produits)	27 315 kg

Si on se base sur une proportion empirique de 10 p. 100, on peut conclure que 250 tonnes d'insecticides, 270 tonnes de fongicides et 5 300 tonnes d'herbicides ont été utilisées en Alberta en 1982; mais on ne sait pas exactement où et quand ces produits chimiques ont été utilisés, ni quel a été le nombre d'arrosages pour un champ donné.

Relation entre l'évaluation des impacts cumulatifs et le cadre théorique

Les impacts cumulatifs sélectifs sur lesquels s'est portée notre attention dans cette étude de cas révèlent l'importance vitale de la composante «recherche» à l'intérieur du cadre théorique s'appliquant aux impacts cumulatifs (figure 4). Comme le décrit la section suivante, la fragmentation de l'habitat est un exemple d'effet cumulatif qui s'est produit parce que le lien «écosystème-recherche» est faible (figure 4), en ce sens qu'on sait très peu de choses sur la taille, la forme et la distribution des parties d'habitat requises pour qu'une espèce faunique particulière puisse y vivre.

Par contre, la connaissance de l'érosion des sols, des pertes en terre arable, de l'épuisement du sol en éléments nutritifs et de la salinisation du sol est très avancée. Dans ces cas, les impacts cumulatifs surviennent parce que les activités tout le long des liens «écosystème-gestion» du cadre théorique (figure 4) ont lieu sans qu'il soit fait plein usage des connaissances engendrées par la composante «recherche». Autrement dit, bien que les liens «recherche-écosystème» (figure 4) soient forts, les liens «recherche-gestion» (figure 4) demeurent faibles. Ces relations avec le cadre théorique sont décrites plus en détails dans les deux sections suivantes.

Composantes écosystème et recherche des impacts cumulatifs sélectionnés

Les conséquences biologiques de la fragmentation de l'habitat font l'objet d'une forte controverse scientifique. La fragmentation de l'habitat a pour effet de créer une métapopulation, c'est-à-dire une grande population régionale constituée de plus petites populations dont la taille, la densité et le degré d'isolement diffèrent les unes des autres. Le programme en vue de conserver une population de chouettes tachetées dans des forêts de conifères exploitables et constituées de vieux peuplements dans l'État de Washington, de l'Orégon et de la Californie (Salwasser, 1986) est un exemple bien documenté de gestion basée sur la connaissance de la génétique des métapopulations.

Au fur et à mesure que la fragmentation se poursuit, la liste des espèces qui forment des métapopulations augmente. Et, chose encore plus importante, comme l'a reconnu le CAETEP (1986), ce n'est que récemment qu'on a réalisé que la gestion de l'habitat de leurs populations locales ne peut pas protéger ces espèces contre la menace d'extinction. La reconnaissance de ce fait est la première étape cruciale vers la viabilité à long terme des espèces menacées. Mais il ne sera pas facile de répondre aux questions scientifiques soulevées, et les étapes sociales et politiques requises ne seront pas aisées à franchir (CAETEP, 1986). Malheureusement, pour la plupart des espèces, les données nécessaires à l'incorporation des modèles de métapopulations dans les directives de gestion ne sont pas disponibles.

Le faible développement de la composante «recherche» fait obstacle aux tentatives effectuées en vue de limiter les effets associés à la fragmentation de l'habitat. Pour la plupart des espèces animales, la superficie minimale d'habitat naturel perturbé, nécessaire pour faire vivre une population donnée, n'est pas connue; et encore moins la taille, la forme, la distribution et la proportion de la superficie totale des parties d'habitat résiduel requis pour faire vivre une espèce animale particulière. Ces lacunes dans les connaissances doivent être comblées si l'on veut parvenir à l'établissement de programmes correcteurs adéquats. Par exemple, s'il faut acquérir des terres pour qu'elles servent d'«habitat de base», il est souhaitable de savoir quelle superficie totale est nécessaire, quelle taille et quelle forme doivent avoir chacune des portions et quelle doit être la distance les séparant pour qu'elles puissent faire vivre les populations cibles. Dans le même ordre d'idée, si on prévoit une expansion de l'agriculture, il est souhaitable de préciser quelles terres doivent être laissées à l'état naturel et pourquoi. Une bonne illustration en est donnée dans la région de Big Ben, dans le nord de l'Alberta, où de vastes étendues de terres sont actuellement converties, petit à petit, en terres agricoles. Cette région constitue l'habitat des populations d'orignaux ayant une valeur économique importante, et la capacité agricole de la région est considérée comme marginale. Alberta Fish and Wildlife voudrait protéger les populations d'orignaux, mais ne peut le faire en se basant sur les critères de fragmentation de leur habitat spécifique étant donné qu'on ne dispose pas de renseignements sur ces derniers.

Faisant contraste avec les aspects méconnus de la fragmentation de l'habitat, la gestion améliorée du sol semble dépendre davantage de l'application des connaissances existantes que de la recherche en vue de produire des connaissances nouvelles. Il y a cependant quelques exceptions à cette affirmation; ainsi la façon dont les sels peuvent être confinés varie en fonction de leur source et dépend de la connaissance de base qu'on a du problème. La recherche sur la salinité due à la pression artésienne plutôt qu'aux infiltrations, effectuée en Saskatchewan par Henry et ses collaborateurs entre 1982 et 1985, illustre parfaitement ce point (Henry, 1986).

Stewart (1985) a souligné le fait que les palliatifs applicables à la conservation des sols dépendent d'une bonne recherche de base, vérifiée dans des sites expérimentaux et dont les résultats sont communiqués au producteur. Il existe déjà une base de recherche pour bien des processus physiques et chimiques en jeu dans les changements cumulatifs du sol. Le transfert de technologie est un élément clé qu'il faut favoriser par tous les moyens possibles, et les stratégies sont axées autour du producteur agricole. Selon Stewart (1985), l'intégration de cette tâche est la responsabilité conjointe des gouvernements fédéral et provinciaux et elle devrait se faire par l'intermédiaire de la création recommandée d'un Centre de conservation des terres et des eaux (Land and Water Conservation Center), qui aurait pour mandat de produire des pochettes d'informations à l'intention des fermiers. Des périodes de cinq à dix ans seraient nécessaires pour que les mesures correctives aient le temps de faire effet. Le transfert de technologie devra être effectué sous forme de dossiers d'informations en fonction de cultures spécifiques et des conditions existant dans les Prairies. Quelques analystes ont toutefois fait une mise en garde : ce serait induire les gens en erreur que de laisser croire que la seule chose nécessaire est l'application des connaissances existantes. En plus des aspects éducatifs cruciaux, il faut aussi identifier les effets complets sur l'environnement et les interrelations des questions de conservation par une méthode systématisée (Bentley et Leskiw, 1984). Un obstacle majeur à la gestion des impacts cumulatifs est le fait que la dégradation des sols n'a été admise que très lentement par ceux qui pouvaient prendre des mesures correctives.

On considère que la responsabilité première d'effectuer la recherche à long terme requise incombe au gouvernement fédéral. Cependant, les organismes provinciaux sont mieux placés pour transmettre les informations aux fermiers et leur fournir de l'aide. Le programme fédéral ARAP est une exception, étant donné qu'il est en rapport depuis longtemps avec les fermiers, mais il pourrait accorder plus d'importance à la conservation des sols. Ce sont les gouvernements provinciaux qui portent la plus grande responsabilité en matière de conservation des sols et de l'eau, mais la planification de l'utilisation des terres relève des autorités locales. Un problème a déjà été signalé : la compétence des autorités chargées de la planification s'étend sur un territoire trop restreint pour contrer les impacts cumulatifs (Stewart, 1985).

Il existe également de graves lacunes dans le domaine de l'utilisation des pesticides en agriculture. Même si la persistance et la bio-accumulation des composés ne posent pas de problèmes sérieux, les effets de la disparition constante des espèces d'animaux et de plantes sensibles de l'écosystème sont nettement cumulatifs et leurs conséquences ne sont pas connues. Par exemple, quelle est la réaction des oiseaux, des mammifères et des plantes pollinisées par les insectes aux méthodes qui consistent à détruire constamment tous les insectes d'un écosystème, et quels sont les effets à long terme de ces méthodes? Des travaux sont encore nécessaires pour évaluer la possibilité d'accumulation de résidus sur une longue période et pour prédire les effets synergiques qui pourraient survenir (Environmental Council of Alberta, 1985). La persistance des herbicides dans les conditions climatiques des Prairies, par exemple, n'est pas bien connue.

Composante gestion des impacts cumulatifs sélectionnés

Dans le domaine de la gestion de la fragmentation de l'habitat, plusieurs programmes ont été instaurés pour réserver des zones destinées à servir d'«habitat de base» à la faune. Les parcs nationaux constituent les plus grandes zones, tant par leur superficie que par leurs effets, même si ce n'est là qu'une de leurs fonctions. Le Service canadien de la faune et les gouvernements provinciaux ont des programmes d'acquisition de terres destinées à servir d'habitat à la faune, et des programmes d'encouragement à la préservation de l'habitat de la faune sur les terres privées. Canards Illimités Canada a acquis des terres pour préserver les terrains marécageux servant à la reproduction de la sauvagine et Habitat faunique Canada (1985) a un programme national, en pleine expansion, consacré à la conservation, à la restauration et à l'amélioration de l'habitat faunique.

D'autres programmes tentent de retarder le processus de fragmentation de l'habitat ou d'empêcher qu'il ne se poursuive. Par exemple, des buts relatifs à l'habitat sont inclus dans le document de l'Alberta *Status of the Fish and Wildlife Resource in Alberta* (Alberta Energy and Natural Resources, 1984). La préservation de l'habitat a été poursuivie avec un certain succès par le gouvernement de l'Alberta, dans la région du versant est des Rocheuses, même si ce n'est pas seulement en vue d'objectifs relatifs à la faune (Gouvernement de l'Alberta, 1984). Le zonage des terres en sylviculture (zone verte) par opposition à l'agriculture (zone jaune), en Alberta, a eu également pour but de préserver des fragments d'habitat relativement étendus (Gordon, 1981). Les commissions régionales d'aménagement du territoire ont généralement bien accueilli les propositions liées à l'habitat de la faune faites par l'Alberta Fish and Wildlife Service (K. Ambrock, communication personnelle). Toutefois, l'aide consentie pour préserver l'habitat de la faune est faible comparée à celle consentie à l'expansion des terres agricoles, même dans les régions considérées comme marginales pour l'agriculture.

La question de savoir si les terrains marécageux des Prairies devaient être utilisés comme habitat faunique ou à des fins agricoles a suscité de grandes controverses. Le désir d'accroître la superficie des terres agricoles a parfois été encouragé par les conditions de sécheresse. En mai 1974, le Service canadien de la faune a dénombré 1,5 million d'étangs dans le sud de l'Alberta; en mai 1984, année sèche, on en a trouvé un

peu moins de 600 000 (Bailey, 1986). Cet effet cumulatif a été stimulé par le fait que, au cours des années de sécheresse, les terres humides diminuent ou s'assèchent, ce qui permet de les cultiver. Une fois cultivées, ces terres humides retournent rarement à leur état naturel et beaucoup de terrains marécageux qui constituent un habitat primordial pour la sauvagine n'existent plus. Les études faites par le Service canadien de la faune indiquent que dans le sud de l'Alberta, près de la moitié de tous les bassins et plus de 90 p. 100 des terres à la périphérie des bassins de terrains marécageux ont été touchés par l'agriculture (Bailey, 1986).

L'érosion du sol dépend de la mise en application des résultats de recherches actuellement disponibles. Ainsi, plusieurs méthodes de gestion permettent de contrôler l'érosion et les mauvaises herbes ainsi que de retenir l'humidité et d'augmenter la teneur en fibres; citons, entre autres, la jachère d'été, la préparation superficielle ou non des terres, la jachère «chimique» et la culture continue. Le problème des fermiers est de choisir la bonne méthode de gestion des terres en fonction d'une vaste gamme d'humidités, de types de sol et de conditions climatiques, sans parler des facteurs économiques, ni des coûts et de l'expérience requise pour choisir les semences, l'engrais et les herbicides voulus. Ce problème doit être envisagé non seulement au niveau régional, mais aussi pour chaque exploitant particulier.

Dans les régions agricoles, la caractéristique institutionnelle et socio-économique clé est le nombre exceptionnellement élevé de petites exploitations (fermes individuelles) qui contribuent aux impacts cumulatifs régionaux. Même dans les parties boisées de la région dont il est question dans cette étude de cas, le fait qu'un grand nombre de gestionnaires participent aux prises de décision joue de la même façon. Ce dernier exemple n'est pas spécifique à la région dont il est question ici. Baskerville (1986a) l'a identifiée comme un problème majeur dans le cadre de la gestion des forêts dans tout le Canada. Comme il le dit : «Nous faisons face à une multiplicité de problèmes, dans une multiplicité de forêts dont la gestion est confiée à une multiplicité de gestionnaires.» Cette complexité s'accentue d'autant plus lorsqu'on se déplace d'une région forestière à une zone de transition où les organismes d'administration des forêts sont en concurrence avec les organismes à vocation agricole, lorsqu'il s'agit de décisions relatives à l'utilisation des terres, et où l'industrie forestière joue un rôle important, en hiver, dans les revenus des fermiers, comme c'est le cas dans la région de la rivière de la Paix.

Les activités qui entraînent les impacts cumulatifs dont il est question ici ont lieu à l'échelle locale; mais les impacts, eux, sont à l'échelle régionale. La détérioration continue des terres agricoles dans la région à l'étude atteste de l'échelle du problème. Les entités administratives en place n'ont pas encore pu prendre des mesures intégrées pour que des résultats soient notés dans les exploitations agricoles. Bentley et Leskiw (1984) attribuent cela à la persistance de plusieurs problèmes : un manque de recherche appropriée dans le domaine agricole en vue de quantifier les problèmes et de trouver des solutions pratiques; une démonstration et une promotion insuffisantes des aspects pratiques et des avantages économiques connus des modes de conservation et d'entretien des sols; la persistance des cycles de grande prospérité économique, suivie d'une crise grave, qui fait que les fermiers hésitent à investir dans des techniques de conservation et d'entretien des sols pour lesquelles le rendement du capital investi reste incertain; et l'absence d'une volonté sociale de pénaliser ceux qui abusent des ressources de la terre ou en font un mauvais usage. Le Canada se distingue des autres nations développées par le fait qu'il ne s'est pas doté de lois claires et précises en matière de conservation des sols. Mais Rennie (1985) fait remarquer que, même en l'absence d'une telle législation, il est possible de protéger la terre en offrant des programmes de recherche, de perfectionnement et d'éducation, ainsi que d'aide financière en vue de promouvoir l'adoption de meilleures méthodes agricoles.

Certaines politiques gouvernementales ont été remarquées parce qu'elles constituent un obstacle à des pratiques concertées de conservation du sol (Comité sénatorial de l'agriculture, des pêches et des forêts, 1984). Par exemple, le contingentement des livraisons fixés par la Commission canadienne du blé s'applique à toute terre cultivée, et plusieurs politiques ont été instaurées en vue de promouvoir la production de céréales plutôt que celle de produits agricoles plus diversifiés. Kiel *et al.* (1972) ont également décelé des contradictions entre certains programmes de financement gouvernementaux, comme dans le cas où un organisme subventionne l'expansion agricole afin d'inciter les agriculteurs à drainer les terrains marécageux, tandis qu'un autre organisme subventionne la préservation ou la réhabilitation des terrains marécageux en vue de la reproduction de la sauvagine. Au Manitoba, dans la zone séparant les terres agricoles et les forêts, l'utilisation des terres est influencée par des programmes gouvernementaux, et bon nombre d'entre eux prévoient un meilleur accès, le drainage des terres, la conservation et la mise en valeur de l'habitat de la faune (Fox et Macenko, 1985). Parmi ces programmes, citons celui du ministère de l'Agriculture, visant l'amélioration des terres du Manitoba (Manitoba Land Improvement Program) et le Comité de classification des terres de la Couronne, qui a procédé à plusieurs études sur l'aménagement du territoire visant à rationaliser et à attribuer les terres de la Couronne et les ressources naturelles. En général, les programmes gouvernementaux ont incité à convertir les terres boisées à vocations multiples (forêts d'intérêt commercial, trappage et chasse) en terres cultivables à vocation unique. Mitchell (1984) se montre plus encourageant en signalant deux initiatives du gouvernement visant à conserver l'habitat de la faune. La création d'Habitat faunique Canada et l'adoption, en 1984, en Saskatchewan, de la Loi sur la protection de l'habitat de la faune menacée (*Saskatchewan Critical Wildlife Habitat Protection Act*). Cette dernière impose des restrictions à la conversion à d'autres fins des terres de la Couronne jugées indispensables au bien-être et à la survie de la faune.

Les gouvernements des quatre provinces de l'Ouest ont reconnu ou déclaré avoir pris l'engagement politique de planifier l'intégration des ressources avant toute prise de décision. Un exemple en est la politique de l'Alberta relative au versant est des Rocheuses (Gouvernement de l'Alberta, 1984). Ce versant est des Rocheuses fait partie de la zone

verte, c'est à dire de ces terres publiques gérées principalement pour l'exploitation de la forêt, pour la protection des bassins versants, pour les loisirs et de nombreuses autres utilisations, à l'exclusion des activités agricoles. À l'origine, la gestion des bassins versants et la protection des terres ont été placées en tête de liste, et un système de zonage a été instauré afin de classer les utilisations permises et celles qui sont interdites en huit catégories. La zone à vocations multiples est la plus vaste; elle couvre 65 p. 100 du versant est des Rocheuses. Le document original, entériné en 1977, signifiait l'engagement pris à l'égard de la planification, et son amendement, en 1984, est allé plus loin pour répondre aux pressions et aux exigences multiples en vue d'une répartition des ressources du versant est des Rocheuses. Cette nouvelle politique reconnaît spécifiquement le besoin de développer une forte industrie touristique dans la région, au cours des vingt prochaines années, et elle relâche certaines restrictions relatives à l'utilisation des terres. Il est à présent permis de faire paître des animaux de ferme dans la zone de loisirs et d'y effectuer des travaux d'exploration du pétrole ou du gaz. Cette nouvelle politique vise à être plus souple, tout en mettant la protection au premier plan. Elle est axée sur les objectifs régionaux qui sont jugés compatibles avec l'utilisation prévue de chaque zone.

Hors des zones agricoles, la réaction générale à la concurrence pour l'obtention de terres a été la promotion des utilisations multiples, en particulier dans les régions boisées, en fournissant comme argument qu'elles peuvent être plus avantageuses que l'utilisation unique. Cependant, les avantages globaux et les groupes qui en profitent sont difficiles à définir. Weetman (1983) a admis qu'il en est ainsi dans le cas des multiples pressions à l'égard des terres boisées, et il a fait remarquer que la plupart des désaccords et malentendus ont trait aux objectifs de l'utilisation des terres, fixés par la société, ce qui rend le zonage essentiel. En Alberta, la politique révisée en 1984 tient clairement compte des objectifs régionaux multiples en vue de la gestion des ressources du versant est des Rocheuses; mais, en même temps, la contrainte de créer une politique en accord avec les buts de la Stratégie mondiale de conservation se retrouve dans les mesures de conservation adoptées récemment par l'Alberta (Public Advisory Committees, 1986). Ces deux documents révèlent les efforts institutionnels déployés en vue d'inscrire les objectifs publics et les décisions à l'intérieur des contraintes que représentent une abondance de ressources limitées en terres et un rendement soutenu des ressources naturelles. Ces contraintes sont relativement nouvelles, en Amérique du Nord, comparativement à l'Europe et à certaines régions d'Asie, où des pressions en vue de l'utilisation des sols sont exercées depuis plus longtemps.

En ce qui a trait à la réglementation de l'expansion urbaine sur des terres agricoles, Audet et Le Henaff (1983) remarquent que, dans les provinces où des lois précises ont été adoptées pour protéger les terres agricoles, (comme en Colombie-Britannique, au Québec et à Terre-Neuve), ces lois ont été efficaces, principalement parce qu'elles sont liées au processus municipal de planification. Le Manitoba et l'Alberta se sont dotés tous deux de lois de planification qui prévoient des politiques et des directives provinciales en matière d'utilisation des terres. La politique de l'Alberta, qui vise à préserver les terres agricoles, et un modèle de politique de planification régionale sont décrits par l'Alberta Planning Board (1983). Dans le cas de l'Alberta, les directives servent de cadre à la formulation de règlements de subdivisions spécifiques; mais elles ont fait l'objet de critiques (Gordon, 1981), et on leur a reproché de ne pas protéger convenablement les divers objectifs et les diverses utilisations des terres.

Implications de l'étude des provinces des Prairies dans le cadre de l'évaluation des impacts cumulatifs

La productivité des terres agricoles du territoire dont il est question dans cette étude de cas, a été gravement touchée par la combinaison de plusieurs impacts cumulatifs qui peuvent être liés aux quatre cheminements fonctionnels illustrés à la figure 2. Ces processus, plus le fait qu'il y a eu une forte sécheresse en 1984 et 1985, ont porté à s'interroger sérieusement sur le maintien de la productivité des terres cultivées (Bentley et Leskiw, 1984). Il ressort d'un rapport préparé pour le Conseil consultatif canadien de l'environnement que les difficultés actuelles de la culture ne sont qu'une partie d'un problème plus vaste, celui des menaces qui pèsent sur toutes les ressources renouvelables et sur les entreprises économiques qui leur sont liées (J.S. Rowe *in* Bentley et Leskiw, 1985) :

> *Il est bien évident que les problèmes environnementaux importants prennent imperceptiblement de l'ampleur par suite de politiques et de pratiques qui paraissent bénignes. De nos jours, il faut s'attaquer à ces politiques et à ces pratiques, aussi bien en agriculture que dans les autres domaines des ressources renouvelables, avant qu'elles ne fassent des torts irréparables à la richesse environnementale du Canada.*

Rowe a aussi identifié l'incidence additionnelle exercée par les pressions du marché sur l'économie à court terme, comme étant un des éléments importants du problème de dégradation actuelle des sols et de mauvaise utilisation des terres :

> *...les fermiers ont favorisé, sinon imposé, l'adoption de pratiques et de systèmes de culture qui sont incompatibles avec la productivité à long terme. Comme la plupart des exploitants agricoles ne peuvent survivre s'ils négligent le court terme au profit du gain à long terme, il en résulte inévitablement une utilisation des terres qui est en conflit avec une production soutenue.*

Les terrains marécageux, les herbages naturels, les futaies et les terres agricoles de première qualité sont des exemples typiques des ressources qui risquent de souffrir du grignotement persistant qui finira par se traduire en pertes énormes (Robilliard, 1986). Les exemples pris dans le territoire dont il est question ici ont révélé deux facteurs qui entravent la gestion des impacts cumulatifs : la tendance qu'a l'environnement à se détériorer est extrêmement difficile à freiner ou à contrer si elle provient de nombreuses petites sources dispersées, même si cette tendance et le changement cumulatif sont prouvés clairement et bien compris; et, du fait

que l'on connaît peu les seuils et qu'il est difficile de faire des prévisions au sujet des petites sources dispersées qui produisent des impacts cumulatifs, il est pour ainsi dire impossible, administrativement et politiquement, de prendre des mesures correctives.

Les parties cultivées et les pâturages du territoire dont il est question ici sont dominés par des écosystèmes dans lesquels les flux d'énergie et de matière sont grandement modifiés. Les résultats biologiques de ces modifications ne sont pas différents, ici, de ceux rattachés à la situation générale décrite par le CAETEP (1986), dans laquelle les flux énergétiques des écosystèmes sont dirigés vers les espèces ayant une valeur directe pour les humains, tandis qu'ils sont tenus éloignés des espèces n'ayant pas de valeur actuellement. Dans ce contexte, la majeure partie des difficultés que présente la préservation de la richesse en espèces tient non pas à leur surexploitation, mais à la conversion des écosystèmes à des utilisations qui sont incompatibles avec la préservation des variétés présentes à l'origine.

Les impacts cumulatifs sélectionnés et décrits dans les sections précédentes mènent à diverses conclusions. Tout d'abord, comme l'ont noté d'autres analystes (Erckman, 1986; Munro, 1986), les impacts cumulatifs entraînés par un grand nombre de petits faits isolés ne peuvent pas être gérés par les processus d'évaluation des impacts environnementaux (EIE). L'effet collectif d'un grand nombre de petites décisions prises par de nombreux exploitants différents ne peut éventuellement être géré qu'au moyen de stimulants économiques et jusqu'à un certain point par des programmes d'éducation et d'expansion; mais il ne faut pas beaucoup compter sur les processus de planification, tels qu'ils existent actuellement. La technique à adopter dépend des différents cheminements des impacts cumulatifs; mais il semble en général vrai pour tous les exemples cités dans la présente étude de cas que la planification environnementale et les évaluations par zones seraient améliorées si on leur adjoignait délibérément des critères d'évaluation des impacts cumulatifs.

La fragmentation de l'habitat, en particulier, est très difficile à éviter parce qu'elle est due à une gamme d'activités exceptionnellement variées qui, lorsqu'elles sont réglementées; sont du ressort d'un grand nombre d'organismes. En outre, bien que les organismes provinciaux aient parfois une «section d'évaluation de l'habitat», ou une «section de protection de l'habitat», éviter la fragmentation de l'habitat ne semble avoir été le but principal ou le critère de gestion d'aucun organisme de la région des Prairies. De plus, les effets de la fragmentation de l'habitat sont peu connus, même par les spécialistes en la matière; et il est donc difficile de sensibiliser le public à ce problème.

L'érosion du sol, la perte d'éléments nutritifs et la salinisation sont des processus qui entraînent divers impacts cumulatifs directs et indirects. Le manque de pouvoirs en matière de planification à l'égard des méthodes utilisées par des milliers d'exploitants sur des terres privées fait principalement obstacle à la gestion de ces problèmes. Le manque de données fiables sur les quantités et la persistance des composés libérés dans l'environnement est aussi un obstacle majeur à l'évaluation des impacts cumulatifs des produits chimiques utilisés en agriculture.

À l'exception, peut-être, des produits chimiques à usage agricole, aucun des impacts cumulatifs examinés dans cette étude de cas ne semble constituer une menace pour la santé ou la sécurité des êtres humains, et il en découle un manque de volonté politique de prendre des mesures correctives.

GESTION DES IMPACTS CUMULATIFS LIÉS AUX DANGERS DES RAYONNEMENTS, AU CANADA

Cheminements des impacts cumulatifs

Quels effets des rayonnements peuvent être réellement qualifiés de cumulatifs? La radioexposition répétée des travailleurs dans les mines souterraines ou encore leur exposition aux gaz radioactifs et aux matières particulaires piégés dans les mines, les usines ou les raffineries en sont des exemples. Ce type de radioexposition entraîne des impacts cumulatifs sur la santé et il illustre le cheminement interactif n° 2 de la figure 2. Un type semblable d'effet cumulatif dû à la radioactivité peut se produire lorsqu'on construit des bâtiments sur des stériles ou des résidus contenant des éléments radioactifs en concentrations supérieures à la normale. L'existence de ce problème n'a été admise par tous que lorsque les habitants de Port Hope, en Ontario, ont commencé à souffrir des effets liés à la radioexposition. Ils habitaient des maisons construites sur un remblai de stériles riches en éléments radioactifs. Le radon dégagé par les éléments en désintégration s'était emmagasiné dans le sous-sol de ces maisons, ce qui avait mené à une situation similaire à celle qui existe dans les mines et les usines d'uranium mal ventilées. L'effet cumulatif se produit par assimilation, dans l'organisme, des produits de filtration du radon, c'est-à-dire des produits radioactifs provenant de la désintégration du radon.

Il est à noter que cet effet cumulatif sur la santé se produit chez les individus qui sont exposés de façon répétée à ce danger. Lorsque les stériles et les résidus sont déchargés à ciel ouvert, le radon est emporté par le vent et risque peu de s'emmagasiner dans les constructions. Il est également peu probable que des personnes y soient exposées de façon répétée. L'évacuation de matériaux faiblement radioactifs n'a d'impacts cumulatifs que dans la mesure où elle contribue à augmenter légèrement l'intensité de la radioactivité dans l'atmosphère ou dans l'eau. À moins que les quantités de déchets n'augmentent considérablement, il est peu probable que l'effet soit significatif, comparativement aux autres sources. Les faibles teneurs en radio-isotopes dans les environnements naturels peuvent, toutefois, entraîner des impacts cumulatifs par bio-amplification (cheminement fonctionnel n° 2, figure 2). À ce jour, les programmes canadiens de surveillance ne l'ont pas signalé comme présentant un risque important pour la santé. La Commission de contrôle de l'énergie atomique continue à effectuer des études de surveillance, y compris des études portant sur le lait maternel.

Il se peut que d'autres déchets radioactifs aient des impacts cumulatifs. Aucune méthode de stockage des déchets de haute radioactivité n'a été universellement acceptée. Une des méthodes les plus souvent suggérées est celle qui consiste à enfouir profondément les déchets dans des zones de formations rocheuses ignées (van Everdinger 1974). Le déplacement souterrain des matières radioactives peut contaminer les nappes aquifères ou même atteindre les eaux de surface. Il est possible que les matières de plusieurs sites de stockage dans la même région contribuent de façon cumulative à cet effet. Le problème est analogue à celui créé par le stockage de produits chimiques dangereux mais non radioactifs à de grandes profondeurs.

D'autres rejets de radioactivité continuent de susciter l'inquiétude du public, en raison de leurs effets immédiats possibles. Citons en exemple les rejets accidentels de substances radioactives par des centrales nucléaires et ceux résultant d'accidents lors du transport de matières radioactives.

Une des raisons de la méfiance du public envers l'industrie nucléaire et ceux qui sont chargés de la réglementer est son lien avec les armes nucléaires. Ce lien est inévitable. L'emploi malheureux du terme «niveau de sécurité» quand il s'agit de radioactivité en est une autre. En ce qui a trait aux impacts à long terme, il n'existe pas de «niveau de sécurité» parce que les dommages biologiques par les rayonnements sont un phénomène statistiquement aléatoire, que les probabilités ne sont jamais nulles et qu'il existe des fonds naturels de rayonnement. Il est cependant possible de définir un niveau de risque acceptable, ce qui est comparable à ce qu'on trouve dans d'autres industries.

Relation entre le cadre de travail théorique et l'évaluation des impacts cumulatifs

Les liens «recherche-écosystème» illustrés à la figure 4 suscitent l'intérêt depuis longtemps. Peu après la découverte de la radioactivité, il est devenu évident qu'elle pouvait nuire immédiatement aux organismes vivants et aux humains. Ce n'est que plus tard qu'on a compris qu'elle pouvait avoir des impacts à plus long terme et moins rapidement décelables. Ces impacts à long terme auraient pu être prévus par un observateur perspicace, mais tel n'a pas été le cas ou, du moins, cet observateur n'a pas été entendu. Lorsque les impacts à long terme se sont manifestés, il a fallu bien du temps pour que leur existence soit admise, et encore plus de temps pour que ceux qui sont en mesure de réagir à ce problème assimilent ces connaissances. Lorsque ceux chargés d'agir ont été convaincus que le problème était réel, ils ont pris des mesures pour s'y attaquer.

Au Canada, des efforts considérables ont également été déployés pour renforcer les liens «recherche-gestion» (figure 4). Par exemple, la radioexposition des travailleurs des mines aux rayonnements ou aux gaz et particules radioactifs piégés dans les mines, les usines ou les raffineries a fait l'objet d'une enquête de commissions royales en Ontario et en Colombie-Britannique, et elle a été traitée dans de nombreux ouvrages. Les premières tentatives pour régler ce problème se sont heurtées au fait qu'on ne savait pas exactement quel gouvernement (fédéral ou provincial) ni quels ministères ou organismes (la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) ou Santé et Bien-être social Canada) en étaient chargés. Néanmoins, lorsque ce problème a été admis par tous, des mesures efficaces ont été prises pour améliorer la protection contre ce danger. La CCEA propose à présent de rendre les normes de radioprotection encore plus strictes pour les travailleurs de l'industrie nucléaire et pour le grand public.

En ce qui a trait à l'élément «gestion» du cadre théorique (figure 4), des mesures institutionnelles de contrôle de l'industrie nucléaire ont été mises en oeuvre dès 1946, au moment de la création de la CCEA. Cet organisme a été principalement créé en vue de promouvoir l'expansion de l'industrie nucléaire, pour assurer la protection de l'information et la sécurité des installations nucléaires. Il s'appuyait sur une législation puissante mais vague. Ce n'est qu'au cours de l'évolution normale du processus d'identification du problème, que nous avons indiqué plus haut, que la CCEA a créé des mesures efficaces visant les dangers à long terme des rayonnements. La CCEA a le pouvoir de contrôler le stockage en profondeur des déchets radioactifs au Canada. Jusqu'à ce jour, aucun stockage de ce genre n'a encore été autorisé, bien que la CCEA, le ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources et l'industrie nucléaire aient appuyé une recherche considérable sur ce sujet, y compris la construction de deux centres d'essais souterrains.

Au Canada, la répartition institutionnelle de la réglementation relative aux dangers nucléaires est complexe. La Loi sur le contrôle de l'énergie atomique accorde à la CCEA de grands pouvoirs de réglementation de l'industrie nucléaire au Canada (Personnel de la CCEA, 1983). La CCEA délivre des permis et réglemente l'exploitation des installations nucléaires; elle traite de la responsabilité civile nucléaire et de la sécurité nucléaire. Cependant, il y a plusieurs chevauchements avec d'autres gouvernements et d'autres ministères du gouvernement du Canada. Le Cabinet a confié à Énergie Atomique du Canada Limitée, la responsabilité spéciale de veiller au stockage des déchets radioactifs à de grandes profondeurs. Environnement Canada est chargé de faire appliquer la Loi sur l'immersion de déchets en mer, qui peuvent également comprendre les déchets radioactifs. Santé et Bien-être social Canada surveille l'usage des dispositifs émettant des rayonnements, conjointement avec la CCEA, et a la responsabilité générale de la santé du public. Travail Canada et les ministères provinciaux responsables de la santé et de la main-d'oeuvre sont également concernés par la santé et la sécurité des travailleurs de l'industrie nucléaire, y compris celles des travailleurs des mines d'uranium. La Commission canadienne des transports réglemente le transport par voie ferrée et Transports Canada réglemente le transport par air, par mer et par voie fluviale des matières radioactives. La CCEA réglemente leur conditionnement et gère également les aspects internationaux de ces questions, dont un grand nombre font l'objet de traités ou d'ententes. Enfin, elle participe à l'examen des demandes de brevets en vertu de la Loi sur les brevets.

Cette division complexe des responsabilités peut, en apparence, constituer un obstacle à l'évaluation et au contrôle

efficaces des impacts cumulatifs, mais en fait, des ententes de coopération empêchent que cela se produise. Tel n'a pas toujours été le cas. Avant 1975, la division des responsabilités de réglementation de l'extraction de l'uranium entre les gouvernements fédéral et provinciaux a semblé contribuer à l'échec dans le domaine de la protection de la santé des travailleurs des mines. Lorsque le problème est apparu évident, des mesures ont été prises rapidement pour instaurer un programme coopératif de réglementation. Les difficultés passées ont sensibilisé les autorités au besoin de prévoir les impacts cumulatifs. Par suite, la CCEA a, en particulier, subventionné de vastes travaux de recherche sur les problèmes potentiels. Ses projets de recherche et de développement actuels (CCEA 1985), liés aux impacts cumulatifs possibles, comprennent :

- le transport des aérosols et des produits de fission;
- les techniques de biodosage pour les travailleurs des mines et usines de la Saskatchewan;
- l'échantillonnage aléatoire stratifié des concentrations des produits de filiation du radon dans les mines;
- huit études sur les dosimètres individuels;
- les études sur l'eau et la purification électrostatique de l'air souterrain;
- la solubilité de la poussière en suspension dans l'air produite par les installations nucléaires;
- les études des transferts des radionucléides du sol dans les plantes et des plantes chez les animaux;
- la détermination des facteurs de concentration chez les animaux domestiques et dans la population faunique;
- le transfert dans le lait maternel des radionucléides contenus dans les aliments;
- 10 études sur l'élimination des déchets radioactifs; et
- 16 études des effets sur la santé de la radioexposition : la plupart sont des études épidémiologiques ou cherchent à déterminer comment les matières radioactives pénètrent dans l'organisme et y sont retenues.

Le Canada est-il parvenu ou non à contrôler les impacts cumulatifs des rayonnements durs? Un optimiste sera porté à répondre par l'affirmative, tandis qu'un pessimiste répondra par la négative. Mais lorsque l'industrie nucléaire est née, on ne pouvait que répondre «non», et plusieurs problèmes ont surgi. À présent, on peut répondre «oui» avec une certaine assurance, parce que la réaction à ces problèmes a entraîné des améliorations importantes dans le système de réglementation et de contrôle, ainsi que dans les pratiques industrielles.

Au Canada, les accords institutionnels et les pouvoirs juridiques instaurés pour contrôler les dangers des rayonnements conviennent parfaitement. Il suffit de les appliquer efficacement, en prévoyant les effets du genre de ceux qui peuvent découler du stockage des déchets nucléaires à de grandes profondeurs dans des formations rocheuses ignées, et en améliorant le respect et l'application des normes réglementaires, en particulier dans des secteurs difficiles tels que la gestion d'exploitations minières abandonnées ou le transport de matières radioactives.

GESTION CANADIENNE DES IMPACTS CUMULATIFS AU MOYEN DE L'ENTENTE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU DES GRANDS LACS

Cheminements des impacts cumulatifs en cause

La détérioration progressive de la qualité des eaux des Grands Lacs résulte d'impacts qui s'ajoutent les uns aux autres et qui suivent de nombreux processus, ce qui en fait à la fois des impacts additifs (cheminement n° 3 de la figure 2) et interactifs (cheminement n° 4). L'eutrophisation, due en grande partie à de fortes teneurs en phosphore, et l'addition de substances toxiques persistantes, constituent les deux principaux types d'impacts cumulatifs qui mènent à la détérioration de la qualité des eaux des Grands Lacs.

Relation entre le cadre théorique et l'évaluation des impacts cumulatifs

L'entente entre le Canada et les États-Unis, connue sous le nom d'Entente sur la qualité des eaux des Grands Lacs, et ce qu'elle implique, doit être considérée comme un des plus grands succès du Canada en matière de gestion des impacts cumulatifs. Cette entente est assortie d'un accord entre les gouvernements du Canada et de l'Ontario (la seule province canadienne faisant partie de l'entente) qui définit les obligations des deux parties. Trois facteurs clés ont contribué au succès de cette entente : son fondement scientifique était l'écosystème formé par le bassin des Grands Lacs; les gouvernements du Canada et de l'Ontario étaient liés par cette entente, pour en avoir négocié les termes ensemble; et un rôle important était confié à la Commission mixte internationale, tant pour négocier l'entente que pour la faire appliquer. Les termes utilisés dans l'entente insistent fréquemment sur le concept d'écosystème et sur l'importance que revêt le contrôle de plusieurs impacts cumulatifs, tels que l'eutrophisation [art. VI, 1(d), 1978] et les substances toxiques persistantes [art. VI, 1(k), 1978]. Autrement dit, les liens «recherche-écosystème» (figure 4) ont été bien établis et des activités spécifiques relatives aux liens «écosystème-gestion» ont été entreprises pour régler le problème décelé.

La méthode de gestion a été spécifique parce que la recherche a généré des informations propres à l'écosystème en cause. Par exemple, l'Annexe 3 de l'Entente de 1978 traite du «Contrôle du phosphore», et son but est de «réduire au minimum les problèmes d'eutrophisation». Des sources spécifiques de phosphore, dues principalement à l'utilisation des détersifs, sont désignées comme cibles et sont spécifiées à l'Annexe 3 pour chacun des Grands Lacs. Des critères spécifiques d'exploitation et des stratégies de réduction relatives aux traitement municipal et industriel des eaux usées y figurent aussi. Les programmes qui en ont découlé, tant au Canada qu'aux États-Unis, en vue de faire appliquer l'Annexe 3, ont entraîné un renversement remarquable de la situation

dans le lac Érié, que certains environnementalistes avaient qualifié de «mort».

La perception scientifique des relations de cause à effet entre les impacts cumulatifs du phosphore et la viabilité microflorale est l'un des facteurs importants qui ont contribué au succès du programme de réduction du phosphore. Ce facteur peut être appliqué à d'autres impacts cumulatifs sur la qualité de l'eau et de l'air. Cela signifie que nombre d'effets attribuables à des agents chimiques, physiques ou biologiques spécifiques peuvent être décrits sous forme de relations quantitatives dose-réaction, ou de modèles physico-chimiques. Autrement dit, les liens de cause à effet peuvent être quantifiés. Dans les cas où les impacts cumulatifs n'ont pas de liens de cause à effet aussi simples, les chances techniques de succès sont encore plus minces et les accords organisationnels encore plus importants.

La Société royale du Canada et le National Research Council des É.-U. ont publié une analyse approfondie de ces questions, y compris des accords institutionnels, dans l'attente de l'examen détaillé, par la Commission mixte internationale, de l'entente qui devrait être proclamée en 1986 (NRC/SRC, 1985).

SOMMAIRE DES CONNAISSANCES DES IMPACTS CUMULATIFS, AU CANADA, COMPARATIVEMENT AUX INTÉRÊTS DU CCREE

La gestion infructueuse des impacts cumulatifs peut résulter d'une inaptitude à déceler le problème ou, sinon, d'une incapacité à prendre les mesures de gestion qui conviennent pour y remédier. Dans le premier cas, les liens «recherche-écosystème» (figure 4) n'ont pas reçu l'attention qu'ils méritent; dans l'autre, les liens avec la composante «gestion» ont été négligés. Au Canada, dans les cas qui sont jugés comme des succès, de toute évidence, ces deux écueils ont été évités. Ceux dont la réussite est moins grande ont peut-être souffert d'une des diverses entraves à la gestion fructueuse des impacts cumulatifs, les plus fréquentes de ces entraves ayant déjà fait l'objet de publications, sous les rubriques suivantes :

- manque de concordance entre les limites spatiales du problème des impacts cumulatifs et celles du territoire relevant de l'organisme chargé de la réglementation (Robilliard, 1986);
- incompréhension du fait que les impacts cumulatifs peuvent être rarement compris ou gérés comme de simples rapports facteur-espèces, parce qu'ils se produisent dans des écosystèmes (Moore, 1967);
- répugnance à accepter des conseils qui ne sont pas les bienvenus ou des preuves qu'un effet cumulatif est sur le point de se produire, ou avoir un intérêt matériel à ignorer la solution à certains problèmes environnementaux (Orians, 1986);
- attention excessive accordée aux études environnementales axées sur l'habitat et non pas, selon les directives, sur le transfert de matériaux entre les divers compartiments de l'écosystème (Orians, 1986);
- spécialisation trop poussée des chercheurs, par suite du cloisonnement des départements des universités, alliée à une formation médiocre dans le traitement des problèmes interdisciplinaires et multidisciplinaires (Michaels, 1986);
- manque de données de base préalables à la perturbation parce que les mesures des impacts cumulatifs ne sont souvent pas mises en oeuvre avant qu'un problème ait pris de l'ampleur (Hughes *et al.*, 1980; Cronan, 1983, 1985);
- pression en vue de fournir des évaluations rapides qui empêchent de mesurer les impacts cumulatifs, avant ou après les faits (Kiell *et al.*, 1986; Roots, 1986);
- impossibilité où sont les sociétés de promotion immobilière de suivre les projets après leur réalisation afin de noter les changements liés à d'autres projets dans la région (Fox, 1986; O'Riordan, 1986).

Les faits qui se sont produits au Canada et qui sont décrits au chapitre 5 ont révélé un certain nombre de facteurs scientifiques et institutionnels qui ont contribué au succès de la gestion des impacts cumulatifs, incluant ceux qui suivent :

- les impacts cumulatifs sont plus facilement gérés si des efforts sont activement déployés en vue de parvenir à des accords de coopération dans des conditions où les compétences sont complexes, comme dans le cas du système canadien de radioprotection et de l'Entente sur la qualité des eaux des Grands Lacs.
- les impacts cumulatifs risquent d'être beaucoup mieux gérés si des efforts sont sérieusement déployés pour faire participer les parties intéressées à l'élaboration d'accords de réglementation coopératifs, comme en font foi les mesures prises par la CCEA.
- les impacts cumulatifs qui menacent directement la vie humaine entraînent des méthodes de gestion beaucoup plus efficaces (voir les mesures de la CCEA) que lorsqu'il s'agit d'impacts cumulatifs moins menaçants ou moins facilement connus (voir les difficultés liées à la reconnaissance de la fragmentation de l'habitat, en tant que problème).
- les impacts cumulatifs qui résultent de cheminements bien compris, tel que l'effet cumulatif des additions de phosphore aux écosystèmes aquatiques, ont des chances accrues d'être bien gérés.

Des études approfondies ont été faites sur les relations entre la complexité des contrôles de compétences et la gestion des impacts cumulatifs (CCREE et NRC des É.-U., 1986). Il est important que le CCREE note, cependant, que de telles complexités ne mènent pas forcément à l'inaction. Les grandes lignes maîtresses par lesquelles le Canada s'est attaqué aux dangers des rayonnements ont été sélectionnées délibérément en tant qu'exemple d'une gestion efficace des impacts cumulatifs mettant en jeu des compétences très

complexes. Il est inutile que le CCREE recueille davantage de preuves que le problème complexe de compétences peut justifier l'inaction, mais il est important de rechercher les mécanismes ou les méthodes qui donnent des résultats dans de tels cas.

Il est instructif de comparer deux approches distinctes d'impacts cumulatifs, celui du contrôle du rayonnement nucléaire et celui de la fragmentation de l'habitat, pour découvrir le rôle que le CCREE peut jouer dans l'amélioration des méthodes institutionnelles de gestion des impacts cumulatifs. Dans le cas de l'industrie nucléaire, les contrôles des impacts cumulatifs semblent être efficaces parce que la CCEA a le pouvoir d'adopter les règlements nécessaires, et aussi parce qu'elle a le bon sens de faire participer les autres parties intéressées — tant celles qui élaborent les règlements que celles qui doivent les respecter — et de les faire coopérer en vue de parvenir à une solution aux problèmes communs. Peut-être que la tendance universelle à accorder une importance prioritaire aux effets qui risquent de menacer directement la vie humaine est un facteur de poids, même s'il est peu probable que ces effets se produisent. On pourrait spéculer jusqu'à un certain point sur d'autres motifs du succès des ententes actuelles, mais pour examiner ce sujet plus clairement, le CCREE voudra peut-être être représenté au sein de certains comités interdépartementaux qui contribuent à l'efficacité du système canadien de contrôle du rayonnement nucléaire.

La fragmentation de l'habitat, décrite à grands traits dans ce chapitre, en tant que problème ayant des impacts cumulatifs, offre un contraste intéressant par rapport au rayonnement nucléaire pour les raisons suivantes : les effets de la fragmentation de l'habitat sont moins bien compris et il est donc difficile de faire admettre aux gens qu'ils constituent un problème; une plus grande gamme d'activités peuvent contribuer à la fragmentation de l'habitat; la charge de réglementer ces activités est répartie entre un nombre plus grand d'organismes; aucun ministère ou organisme n'a pour but primordial de réduire ou d'éviter la fragmentation de l'habitat; et enfin, ce problème n'est pas jugé menaçant pour la santé ou la sécurité des êtres humains. Compte tenu de ces différences avec l'exemple du rayonnement nucléaire, il n'est pas étonnant que la fragmentation de l'habitat soit un effet cumulatif qui n'ait pas été traité de manière satisfaisante.

Les organismes qui réglementent l'utilisation des terres sont ceux qui sont les mieux placés pour avoir une influence sur la fragmentation de l'habitat. Au Canada, ils fonctionnent à l'échelon régional ou municipal. Cependant, les paliers supérieurs du gouvernement peuvent intervenir n'importe quand et prendre des initiatives allant à l'encontre de celles prises à l'échelon local. La politique relative au versant est des Rocheuses, en Alberta (Gouvernement de l'Alberta, 1984), en est un exemple. En outre, les programmes gouvernementaux à un échelon supérieur peuvent également avoir une influence sur l'utilisation locale des terres. Les projets de drainage appuyés par la Prairie Farm Rehabilitation Administration et les approbations de projets énergétiques accordées par les gouvernements provinciaux entrent dans cette catégorie.

Malgré ces incertitudes, plusieurs choses pourraient être faites par le CCREE pour s'attaquer au problème. Selon les recommandations du chapitre 7, le CCREE pourrait commanditer ou promouvoir la commandite des recherches sur la nature, le mode d'action et les conséquences des effets de la fragmentation de l'habitat. La diffusion d'informations sur ce sujet ferait connaître le problème. Deuxièmement, le CCREE pourrait essayer d'organiser des rencontres entre représentants des nombreux organismes compétents en la matière. Les résultats des projets de recherche pourraient être présentés lors de ces réunions et il devrait être possible d'élaborer des propositions de mesures spécifiques applicables aux situations les plus préoccupantes. Des modèles de systèmes seraient utiles dans ce contexte, en particulier s'ils étaient appliqués également au rôle des systèmes de réglementation des divers organismes en matière de fragmentation de l'habitat. Cette méthode ne garantit pas le succès, mais elle garantit que le problème soit porté à l'attention des décideurs.

Le mandat de la présente étude (chapitre 1) comportait la question suivante : la planification environnementale régionale et les évaluations par zone peuvent-elles améliorer la gestion des impacts cumulatifs? Les études de cas nous permettent de répondre par l'affirmative, mais l'étude porte davantage sur la question inverse : la planification environnementale régionale et les évaluations par zone peuvent-elles être améliorées en incorporant délibérément des critères d'évaluation des impacts cumulatifs? Nous répondons également par l'affirmative à cette question, en nous fondant sur les renseignements repris par d'autres (CCREE et NRC des É.-U., 1986) et qui sont décrits dans les deux études de cas de ce chapitre. Il est important de noter qu'il y a encore des adeptes des deux façons d'envisager l'évaluation des impacts cumulatifs. La première consiste à adopter une vue «en survol», comme dans le cas de la planification régionale. La deuxième est une vue de bas en haut, comme dans le cas des évaluations liées à un projet. Ces deux méthodes ont été décrites à grands traits au chapitre 4.

Les analyses effectuées par le CCREE (CCREE et NRC des É.-U., 1986) ainsi que la présente étude révèlent que l'évaluation des impacts cumulatifs n'est pas encore traitée convenablement dans le cadre de la planification régionale, et qu'elle ne peut pas être traitée de façon satisfaisante par les évaluations d'impacts environnementaux de projets individuels. Il semble que la situation puisse être améliorée de deux façons : soit en trouvant un juste milieu qui intègre les EIE et la planification, de façon à garantir que les impacts cumulatifs seront pris en considération; soit en créant, pour l'évaluation des impacts cumulatifs, un contexte institutionnel entièrement différent, distinct des EIE et de la planification régionale. Comme l'indiquent les recommandations formulées au chapitre 7, cette étude n'a pas mené à des suggestions de dispositions institutionnelles distinctes à prendre en vue de gérer et d'étudier les impacts cumulatifs. Le CCREE devrait promouvoir les analyses et les recherches qui comporteraient la vue «en survol» et de bas en haut de la gestion des impacts cumulatifs et bénéficieraient de leurs atouts respectifs.

Certains des liens entre la gestion des impacts cumulatifs et les EIE ont été décrits au chapitre 4. Si le CCREE entend tirer

parti de ces liens, il doit reconnaître que le recours aux EIE pour la gestion des impacts cumulatifs peut se faire principalement de deux façons : par la médiation ou par la réglementation. Actuellement, la médiation et la réglementation peuvent être entreprises hors du contexte des EIE. Par exemple, le ministère des Pêches et des Océans élabore régulièrement des règlements en vertu de la Loi sur les pêcheries, sans qu'il y ait eu forcément d'EIE préalable. Des processus de médiation se sont également déroulés sans bénéficier d'EIE officielles. La question est que si les EIE doivent faire davantage partie intégrante des processus de prise de décisions, il faudra qu'elles jouent un rôle plus important dans l'élaboration de plans de gestion régionaux. Dans ce contexte, le CCREE pourrait exercer une influence sur les organismes fédéraux et provinciaux en examinant les possibilités de mieux lier les EIE aux phases de médiation et de réglementation des prises de décision, telles qu'elles sont actuellement au Canada. Cela pourrait comprendre, entre autres choses, l'incitation du CCREE à incorporer les méthodologies des EIE dans les phases de médiation et de réglementation des prises de décision. Il est important que l'EIE devienne une étape préliminaire des phases de médiation et de règlementation. Une telle méthode inciterait à la souplesse en permettant de revoir constamment les normes de réglementation adoptées par les parties intéressées, et elle inciterait également à réévaluer leur efficacité. Ce facteur pourrait être celui ayant un rôle prépondérant dans la prévention d'impacts environnementaux graves à l'échelle régionale.

En bref, l'évaluation des impacts cumulatifs a de forts liens tant avec la planification environnementale qu'avec l'évaluation des impacts environnementaux. De ce fait, les recommandations formulées au chapitre 7 sont accompagnées de commentaires sur l'importance que chacune d'elles a dans l'évaluation des impacts et sur la planification environnementale. Dans ce but, on suppose que l'évaluation des impacts environnementaux, en tant que processus formel, est déjà bien acceptée comme élément faisant partie intégrante d'un processus de planification et de gestion plus global. Comme l'indique le CCREE (1986), cette hypothèse n'est pas universellement acceptée, en fonction des cadres théoriques et institutionnels dans lesquels fonctionnent les gens. Le débat subsiste parce que, pour nombre d'entre eux, l'évaluation des impacts environnementaux continue à être un «ajout», tandis que d'autres pensent que l'EIE doit faire partie intégrante d'un projet qui, s'il est vraiment réalisé, constituera de la gestion environnementale plutôt que de l'évaluation environnementale. Nous n'entrerons pas dans cette discussion. Le point important est que l'évaluation des impacts environnementaux doit être envisagée dans un contexte plus vaste que celui des EIE, que celles-ci continuent à demeurer un processus quelque peu indépendant ou qu'elles atteignent leur but ultime, c'est-à-dire lier les systèmes naturels, les valeurs sociales et les initiatives d'expansion dans un processus de planification intégrée (CCREE, 1986).

CHAPITRE 6 : QUESTIONS D'IMPACTS CUMULATIFS LES PLUS IMPORTANTES QUE LES CANADIENS ONT À RÉSOUDRE

Une des hypothèses présentant de l'intérêt pour le CCREE est que les impacts cumulatifs ont actuellement un impact d'importance croissante sur la qualité des environnements naturel et social au Canada. L'atelier de 1985 commandité conjointement par le CCREE est parvenu à un consensus clair et a répondu par l'affirmative à cette question. Roots (1986) a résumé comme suit les conclusions de l'atelier, en ce qui concerne les États-Unis et le Canada :

> *L'atelier a été parfaitement clair sur cette question. Si on ne tient pas bien compte des impacts cumulatifs, il en résultera des dommages pour l'environnement. (C'est nous qui le soulignons). Le fait de ne pas accorder une attention systématique aux impacts cumulatifs conduit à une situation qui peut devenir sérieuse sur toute une gamme d'échelles, à de nombreux endroits, dans les deux pays. Les problèmes varient du «grignotement» d'habitats critiques à des degrés inconnus de la charge imposée à des compartiments environnementaux par des produits chimiques qui réagissent entre eux, en passant par l'ignorance de la gravité et de l'imminence des menaces régionales ou globales.*

Nous avons laissé entendre dans un chapitre précédent du présent rapport, en nous basant partiellement sur une recommandation faite par Clark (1986), qu'un des rôles les plus importants de la science dans l'évaluation des impacts environnementaux est de réduire, autant que possible, les problèmes qui semblent être liés aux impacts cumulatifs à de simples cas n'ayant qu'une seule cause et qu'un seul effet. Nous réaffirmons ici ce rôle mais il faut reconnaître un de ses inconvénients. Identifier les problèmes des impacts cumulatifs que les Canadiens ont à résoudre en se basant sur les impacts n'ayant qu'une seule cause et qu'un seul effet mènera à une liste de centaines d'impacts cumulatifs spécifiques. Dans cette étude, il a fallu se concentrer sur quelques groupes importants de questions de gestion environnementale, qui contiennent chacune des douzaines de processus spécifiques liés à des cheminements d'impacts cumulatifs.

Au Canada, des analyses récentes de «contraintes imposées aux terres» (Simpson-Lewis *et al*, 1983) ont insisté que sur plusieurs processus qui comprennent des impacts cumulatifs additifs ou interactifs. Dans cette analyse, un nombre exceptionnellement grand de contraintes identifiables ont été groupées dans un nombre relativement restreint de catégories, en nous basant sur deux questions liées à des additions aux terres et deux reliées à des soustractions des terres (Neimanis *et al*, 1983). Un niveau identique de généralisation a été utilisé dans la présente étude pour compiler une liste de problèmes d'impacts cumulatifs les plus importants que doivent résoudre les Canadiens. En se basant sur la présente étude, sur les contacts avec des professionnels au cours de cette étude et sur l'expérience des membres du groupe d'étude, les nombreux problèmes d'impacts cumulatifs existants et possibles que doivent résoudre les Canadiens ont été regroupés dans les 13 catégories ci-dessous. Dans cette liste, les questions ne sont pas classées par ordre de priorité.

1. *Transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA)* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs comprend des phénomènes connexes tels que les dépôts acides, les produits chimiques oxydants, toxiques ou persistants, qui font tous partie des processus de transformation chimique de l'atmosphère.

2. *Qualité de l'air urbain et saturation du bassin atmosphérique* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs comprend la gestion du nombre, de l'importance et de la distribution d'une grande variété de sources d'émissions; une question qui occupe une place de plus en plus importante, du point de vue environnemental et légal, et ce qui fait partie de cet ensemble d'impacts cumulatifs est la qualité de l'air à l'intérieur des immeubles, y compris les effets de l'exposition première ou secondaire à la fumée de cigarette, sur le développement du foetus et les risques de cancer.

3. *Mobilisation des substances persistantes ou bio-accumulées* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs peut mettre en jeu soit des métaux provenant de la croûte terrestre, soit la synthèse (suivie de la dispersion) de produits chimiques toxiques persistants, plus particulièrement les substances xénobiotiques; cet ensemble d'impacts cumulatifs comprend deux classes distinctes d'utilisations finales : a) les utilisations finales dans lesquelles la libération dans l'environnement n'est pas contrôlée, comme c'est le cas pour le plomb tétraéthyle, les BPC ou les hydrocarbures chlorofluorés; ou b) les utilisations finales dans lesquelles la libération est contrôlée, qu'elle soit accidentelle, comme dans le cas des radionucléides, ou non planifiée, comme dans le cas de la mobilisation du mercure par suite de projets de retenue d'eau à des fins hydro-électriques.

4. *Impacts cumulatifs associés à des modifications climatiques* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs est représenté par les effets entraînés par des changements aux constituants de l'atmosphère qui modifient ses propriétés thermiques ou optiques; cet ensemble d'effets n'a pas d'impacts immédiats bien définis, mais il soulève un point important à cause de la recherche à long terme qu'il nécessite; les impacts cumulatifs potentiels ayant une importance socio-économique comprennent les changements climatiques induits par le CO_2, le brouillard arctique, les changements d'albédo, les modifications du cycle hydrologique et de l'alimentation en eau, et les changements dans la durée de la période de végétation.

5. *Occupation de la terre par des ouvrages artificiels* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs est dû à l'augmentation

progressive de la superficie de terres occupées par l'urbanisation, les routes, les pistes d'aéroport et autres ouvrages artificiels; la perte de surface perméable est un facteur clé de divers impacts cumulatifs associés aux changements d'utilisation des terres.

6. *Aliénation des habitats* : Cet ensemble de résultats cumulatifs a pour cause les perturbations répétées ou continues qui rendent un habitat déplaisant ou inhabitable, même s'il n'y a pas eu de perte physique d'habitat (fragmentation de l'habitat); les perturbations qui peuvent avoir pour conséquence l'aliénation des habitats comprennent les perturbations par le bruit, et elles peuvent se produire dans les milieux atmosphériques et aquatiques comme dans les habitats terrestres, d'eau douce, et marins; un exemple d'impacts cumulatifs sociaux entrant dans cette catégorie est le souci du public de protéger les habitats qui n'ont pas encore perdu leur caractère primitif.

7. *Fragmentation de l'habitat* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs résulte de changements dans la superficie, les proportions relatives et les distributions relatives des types de végétation ou d'habitat, par suite de la grande variété dans les modes d'utilisation des terres.

8. *Pertes qualitatives et quantitatives du sol* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs comprend les pertes de sol par l'érosion éolienne ou aquatique sur les rivages et sur la surface du sol en général, la perte en éléments nutritifs ou en matières organiques dans le sol, l'augmentation de la salinisation et la productivité réduite par suite de changements physiques ou chimiques, associés au tassement du sol ou à l'utilisation répétée d'engrais.

9. *Effets de l'utilisation de produits chimiques à usage agricole, sylvicole et horticole* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs comprend une grande variété de cheminements additifs, bio-accumulatifs ou synergiques associés à l'utilisation d'insecticides, d'herbicides et de fongicides; on ignore encore certaines choses au sujet des interactions entre les pesticides utilisés simultanément ou successivement dans des écosystèmes.

10. *Réduction des réserves d'eaux souterraines et contamination de l'eau souterraine* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs met en cause une grande variété de déchets potentiellement toxiques, qui peuvent suivre des voies différentes pour atteindre les eaux souterraines, par suite d'un acte délibéré ou d'un déversement accidentel; l'entrée d'eau salée dans la nappe phréatique par suite du pompage d'eaux souterraines est un problème d'impacts cumulatifs d'importance locale; l'affaissement du sol est aussi un effet cumulatif relié au pompage d'eaux souterraines, mais ce problème n'est pas encore jugé important au Canada.

11. *Augmentation de la charge en sédiments et en produits chimiques et augmentation de la charge thermique des habitats d'eau douce et des habitats marins* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs est la conséquence de diverses activités qui s'ajoutent à l'envasement des estuaires, des cours d'eau et des lacs, de l'augmentation des quantités d'eaux d'égout déversée directement dans les eaux courantes et l'eau de mer, de l'acidification des lacs et des additions chroniques de métaux lourds dans les eaux marines et les eaux douces.

12. *Augmentation du taux d'exploitation des ressources renouvelables* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs comprend une gamme de questions relatives aux stratégies de conservation et à la croissance qu'on peut maintenir, si on se base sur les ressources renouvelables, dont les poissons, les mammifères, les oiseaux et les forêts; la conservation et la protection des espèces de plantes ou d'animaux rares, ou menacées de disparition sont comprises dans cet ensemble d'impacts cumulatifs, parce que la menace qui pèse sur ces espèces est souvent le résultat de pratiques associées à la culture, à la chasse ou à la pêche d'espèces communes, importantes au point de vue commercial; on sait bien, cependant, que les questions de gestion associées aux espèces rares ou menacées sont différentes de celles entourant la gestion des espèces que l'on cultive, chasse ou pêche couramment.

13. *Confinement à long terme et élimination des déchets toxiques* : Cet ensemble d'impacts cumulatifs doit être considéré comme un problème de gestion environnementale distinct, même si les déchets toxiques peuvent constituer un des éléments des questions 1, 2, 3, 11 et 12 ci-dessus; la gestion des déchets toxiques, que leurs impacts cumulatifs se fassent sentir dans les milieux atmosphérique, terrestre, marin ou d'eau douce (eaux de surface et souterraines), est toujours accompagnée de problèmes d'ordre socio-économique, réglementaire et technique; les problèmes de gestion des déchets seront le contexte dans lequel la médiation, la négociation, les mesures d'assurance ou les poursuites judiciaires en matière de responsabilité ouvriront la voie vers de nouvelles méthodes de gestion des impacts cumulatifs.

Il est important d'expliquer pourquoi, dans la liste ci-dessus, ne figurent pas une ou plusieurs questions explicites relatives aux effets socio-économiques cumulatifs. On pourrait dresser une liste distincte de questions socio-économiques sous une rubrique telle que «perte progressive des agréments nécessaires à une bonne qualité de vie» et dans laquelle seraient prises en considération la pollution par le bruit, la détérioration de la qualité de l'eau potable, l'absorption croissante d'additifs alimentaires allergènes, la perte des régions sauvages, la réduction des possibilités de bénéficier de certains loisirs de plein air et la disparition progressive d'espèces rares de plantes et d'animaux. Cette ségrégation des préoccupations socio-économiques a été évitée parce qu'un des thèmes sous-jacents de la présente étude est que les aspects sociaux et économiques font partie intégrante des 13 questions énumérées ci-dessus.

Il faut noter que la plupart des questions énumérées ont des impacts sociaux et économiques sur la santé publique. Toutefois, des questions socio-économiques d'un autre niveau entrent dans les questions 5, 6, 7, 8 et 12, et toutes se rapportent à la façon dont nous utilisons l'environnement et ses ressources. Dans ce contexte, il était tentant d'ajouter une autre question d'impacts cumulatifs centrée sur les forces économiques qui poussent les hommes à vivre au-dessus du niveau que permet la production soutenue de ressources

renouvelables, au sens où l'entend la Stratégie mondiale de conservation (World Conservation Strategy — IUCN, 1981). Cette question importante a été considérée comme faisant partie intégrante des points énumérés, et elle soustend celle de la gestion et l'utilisation des ressources renouvelables. L'intégration des aspects économiques et biophysiques de la croissance soutenable ne vise pas à diminuer l'importance des forces économiques et sociales en jeu. Le fait que des forces poussent les hommes à vivre au-delà du niveau permis est toutefois une question qui mérite une attention particulière du CCREE et qui devrait faire l'objet d'une recherche appropriée.

CHAPITRE 7 : RECOMMANDATIONS

Les recommandations formulées dans ce chapitre sont groupées en trois catégories se fondant sur les liens indiqués dans le cadre théorique de l'évaluation des impacts environnementaux (figure 4). Les trois liens sont les suivants : les liens «écosystème-gestion»; les liens «recherche-écosystème», et les liens «recherche-gestion». Chaque recommandation est accompagnée d'un argumentaire, de l'identification du cheminement des impacts cumulatifs en cause (figure 2), des étapes suggérées au CCREE ou à d'autres organismes en vue de donner suite à la recommandation, de l'importance qu'a la recommandation pour l'évaluation des impacts environnementaux et/ou la planification environnementale, et du laps de temps suggéré pour donner suite à la recommandation. Ce dernier est établi par rapport à trois périodes arbitraires : les mesures qui pourraient être prises immédiatement pour améliorer la gestion des impacts cumulatifs (mesures immédiates); les mesures qui pourraient être prises dans les trois à cinq prochaines années (mesures à court terme) et les mesures qui exigent des efforts pendant plus de cinq ans (mesures à long terme).

Les écosystèmes qui nécessitent des recherches urgentes, portant sur les impacts cumulatifs au cours des cinq à dix prochaines années sont identifiés dans les recommandations suivantes. Ils comprennent :

- divers écosystèmes dans lesquels *la fragmentation de l'habitat* peut être évaluée en détail (Recommandation n° 4);
- au moins un écosystème doit être étudié pour donner un fondement *aux contraintes liées à la dégradation de l'écosystème tout entier* (Recommandation n° 5);
- des études d'impacts cumulatifs accompagnées d'études des processus écologiques dans plusieurs *écosystèmes perturbés qui sont en cours de réhabilitation* (Recommandation n° 6);
- au moins un *écosystème qui, du point de vue topographique, convient à l'essai du «système de globalisation» applicable à la gestion par bassin* (Recommandation n° 10);
- plusieurs *écosystèmes agricoles convenant à l'évaluation des impacts cumulatifs des insecticides, des herbicides et des fongicides* (Recommandation n° 12); et
- l'incitation à certaines *recherches sur les impacts cumulatifs à l'échelle cellulaire, pour donner encore plus d'ampleur à la recherche au niveau des écosystèmes* (Recommandation n° 7).

RECOMMANDATIONS RELATIVES AUX LIENS «ÉCOSYSTÈME-GESTION»

RECOMMANDATION N° 1

Le CCREE doit continuer à manifester un vif intérêt pour les aspects institutionnels de l'évaluation des impacts cumulatifs. Cela pourrait se faire en subventionnant des analyses et des études détaillées visant à émettre des recommandations sur la manière d'améliorer l'intervention institutionnelle dans chacun des 13 ensembles de questions des impacts cumulatifs importants auxquelles les Canadiens font face (Chapitre 6).

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — Au chapitre 4, il a été dit que les dispositions actuelles visant à faire prendre connaissance des impacts cumulatifs et des recherches sur leur mode d'action semblent au moins acceptables et assez efficaces, et que les mesures institutionnelles visant à s'attaquer aux impacts cumulatifs sont moins satisfaisantes. Il s'ensuit que les recommandations devraient commencer par l'identification de ceux à qui incombe la responsabilité d'intervenir, et des modalités permettant de s'assurer que le problème est entre bonnes mains. Une fois ces mesures prises, il ne sera plus possible d'échapper à la responsabilité de l'évaluation et de la recherche.

La question se trouve compliquée par le fait que le type de dispositions qui convient le mieux dépend de la nature de l'effet cumulatif et de la manière dont il se manifeste. Par exemple, les effets atmosphériques et hydrosphériques sont probablement largement répandus, tandis que les effets terrestres peuvent ou non être plus localisés. Il est probable que les mesures visant à contrer l'effet cumulatif des émissions de plomb sur la santé exigeront des dispositions complètement différentes des programmes prévus pour enrayer la détérioration des sols (chapitre 5).

Un deuxième facteur qui complique encore le problème est le fait que les mesures institutionnelles ne peuvent être proposées sans prendre en considération les mesures existantes. Chaque type d'effet devrait être examiné séparément dans le contexte des organismes actuels. À peu près tous les impacts cumulatifs relèvent du mandat de plusieurs organismes, ministères ou gouvernements. La première étape, pour garantir l'intervention sur une question relevant de plusieurs compétences est normalement la formation d'un groupe représentant tous ceux qui sont chargés, jusqu'à un certain point, de prendre des mesures. Les recommandations de ce groupe mènent ensuite à des accords opérationnels, qui peuvent aller de la consultation officieuse à la création d'un nouvel organisme fondé sur une nouvelle autorité (chapitre 4). Certains des exemples fournis au chapitre 5 illustrent cette façon de procéder. L'exception serait un groupe ou un organisme qui serait seul à disposer des pouvoirs nécessaires lorsque l'effet cumulatif est remarqué.

Enfin, il faut insister sur le fait que des accords institutionnels adéquats ne garantissent pas une intervention appropriée, mais qu'ils peuvent augmenter les chances de succès. La compétence, les valeurs, la loyauté et l'ambition des individus

participant aux programmes gouvernementaux, ainsi que les considérations politiques entrant en jeu, ont en général davantage d'influence que le type d'accord institutionnel. Mais, on sait mal comment faire mieux fonctionner les organisations humaines et surtout, on tire rarement parti de nos connaissances sur ce plan.

Les *impacts cumulatifs en cause* peuvent suivre les cheminements n° 1, 2, 3 ou 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Pour certains impacts cumulatifs choisis sur la liste de ceux qui sont les plus importants pour les Canadiens (chapitre 6), le CCREE devrait entreprendre lui-même, ou inciter d'autres organismes à entreprendre des analyses qui comporteraient les questions suivantes, et prendre les mesures suivantes dans le cadre de programmes d'intervention immédiate :

- Quels gouvernements, ministères et organismes ont un mandat portant sur tous les aspects d'un effet cumulatif, les activités qui le provoquent, et les mesures qui pourraient l'éviter ou l'atténuer?
- Existe-t-il un organisme incluant des représentants de ces organismes qui ait déjà des responsabilités ou qui puisse s'en voir confier?
- Une fois que ces deux questions ont reçu une réponse, l'étape suivante consiste à choisir une des trois voies possibles : a) il faut demander à l'organisme existant, auquel les ajouts nécessaires ont été faits, de recommander le type de mesure, parmi celles énoncées au chapitre 4, qui convient le mieux pour s'attaquer à l'effet cumulatif, quelles que soient les mesures existantes; ou b) un nouveau groupe devrait être créé dans le même but; ou c) une enquête indépendante devrait être menée dans ce but. Il peut arriver qu'un groupe existant désire conserver le statu quo, et que ceux qui détiennent le pouvoir s'opposent fermement à un groupe indépendant ou nouveau.
- Une étape complémentaire consisterait à entreprendre des recherches visant à améliorer le rendement institutionnel vis-à-vis des impacts cumulatifs, en utilisant comme sujet d'expérience un ou plusieurs des groupes existants ayant de telles responsabilités.
- Un élément important des analyses recommandées consistera à identifier les critères selon lesquels les mesures institutionnelles peuvent être adaptées pour aborder les problèmes à l'échelle géographique appropriée. Cela implique l'élaboration de critères permettant de déterminer s'il convient ou non de créer des organismes pour chapeauter la gestion des impacts cumulatifs.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — Cette recommandation pourrait apporter des améliorations à la planification environnementale en aidant à diriger l'attention sur les impacts cumulatifs et en suggérant de meilleures méthodes pour s'y attaquer. Cette recommandation est particulièrement importante parce qu'elle est centrée sur la manière dont la gestion et la planification environnementales sont actuellement effectuées et sur la façon de les améliorer.

La mise en oeuvre est à court terme

RECOMMANDATION N° 2

Le CCREE, les planificateurs, les décideurs, les gestionnaires de l'environnement et les groupes d'intérêt, cherchant des moyens de gérer les impacts cumulatifs doivent accorder une grande attention à la planification et aux communications

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — Cette recommandation a pour but d'insister sur le fait que si l'on souhaite une intervention à l'égard des impacts cumulatifs, il ne suffit pas de proclamer leur nature et leur gravité. Une planification et des communications adéquates sont indispensables. En particulier, il faut tirer parti des connaissances que l'on possède sur le fonctionnement des organisations humaines. La suite donnée à cette recommandation dépend en partie des résultats de la recherche sur l'amélioration du rendement institutionnel, dans le cadre des impacts cumulatifs dont il est question dans la recommandation n° 1.

Les impacts cumulatifs eu cause peuvent suivre les cheminements n° 1, 2, 3 ou 4 (figure 2)

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Les tactiques suivantes doivent être adoptées si l'on veut parvenir à implanter un système efficace de planification et de communications :

- Déceler le problème qui doit être résolu rapidement, avant qu'il devienne trop difficile à contenir ou qu'il entraîne trop de divisions politiques.
- Accepter la nécessité d'une campagne pour soutenir et ensuite faire approuver les propositions qui seront faites.
- Définir avec précision les objectifs que les mesures institutionnelles et le programme de gestion prévus sont censés atteindre.
- Choisir le type d'accords institutionnels le plus susceptible d'atteindre les buts visés.
- Coopter les détenteurs actuels du pouvoir et les groupes concurrents ou hostiles possibles.
- Impartir suffisamment de pouvoirs à l'organisme responsable, mais pas plus qu'il n'en faut pour obtenir de lui un rendement satisfaisant.
- Prévoir dans les accords institutionnels l'obligation de rendre des comptes au gouvernement actuel et au grand public.

Les étapes tactiques suggérées ci-dessus pourraient être considérées par le CCREE comme le cadre de l'évaluation de l'échelle géographique (locale, par rapport à régionale) à laquelle les impacts cumulatifs sont gérés. De nos jours, au Canada, la plus grande partie de cette gestion est effectuée à l'échelle locale; les différences de tactiques entre les méthodes locales et régionales, visant à résoudre un problème donné d'impacts cumulatifs, n'ont pas encore été évaluées.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — Le but du travail proposé ici consiste à accroître la probabilité que les effets cumulatifs soient évalués et que leur gestion soit entreprise. Ces deux types d'activités font partie de la planification environnementale et auront une certaine répercussion sur les EIE et la manière dont elles sont menées.

La mise en oeuvre est à court terme.

RECOMMANDATION N° 3

Le CCREE devrait entreprendre ou promouvoir une évaluation qui porterait spécifiquement sur les liens systémiques entre les divers phénomènes entrant en jeu dans le transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA), y compris les dépôts acides, les dépôts oxydants et les dépôts de produits chimiques toxiques, en insistant sur l'évaluation de l'efficacité du traitement scientifique et institutionnel des liens systémiques entre les composantes du TGDPA (sous-systèmes).

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — Les précipitations acides et les oxydants ont plusieurs caractéristiques en commun, y compris le transport à grande distance à partir des mêmes régions sources, la chimie et, éventuellement, des effets synergiques semblables (tant pour la transformation que pour les impacts), spécialement dans les écosystèmes forestiers. Malgré ces similarités, les précipitations acides et les activités des oxydants ont été traitées séparément. En outre, il est probable que les composés toxiques en cause soient transportés de façon similaire, et les produits toxiques ont également été traités à part des deux autres composés.

Le transport à grande distance des polluants atmosphériques est un exemple de système étroitement lié qui n'a pas été traité en tant que tel, au détriment du processus global d'évaluation. Ses impacts cumulatifs et ceux d'autres phénomènes, encore non identifiés, seront évalués et contrôlés seulement si le transport à grande distance des polluants atmosphériques est traité de manière intégrée, en tenant compte des caractéristiques communes de ces éléments et de leurs cheminements fonctionnels individuels et conjoints dans l'écosystème. Une étude systémique du transport à grande distance des polluants atmosphériques identifierait les liens importants et fournirait un modèle sur lequel l'évaluation quantitative de la modification de l'écosystème pourrait être basée.

Les «additions par ligne» et les «additions par colonne» que propose Clark (1986) pour évaluer les perturbations complexes de l'environnement sont basées sur un point de vue synoptique et constituent un concept valable, quoique rudimentaire. Une définition de systèmes «grandeur nature» relierait chacune des sources et des éléments importants de la figure 5, de Clark, par des fonctions de transfert (pour utiliser un terme appartenant au langage socio-économique) pour chacun des éléments de la matrice. Il faut noter que le concept de Clark ne se rapporte qu'aux cheminements additifs (n° 1 et n° 3) illustrés à la figure 2 du présent rapport. La méthode proposée ici porterait également sur les processus coopératifs (cheminement n° 4 de la figure 2).

Il existe d'autres motifs pour surveiller les méthodes scientifiques et institutionnelles actuellement utilisées pour évaluer les polluants atmosphériques. Par exemple, l'étude de cas portant sur l'essence au plomb (chapitre 5) met l'accent sur une situation dans laquelle les impacts environnementaux consécutives à l'utilisation d'essence sans plomb n'ont pas été évaluées convenablement. En particulier, les impacts de l'augmentation des NO_x et des hydrocarbures, et celles des précipitations acides et des oxydants n'ont pas été abordées.

Les *impacts cumulatifs en cause peuvent suivre* les cheminements n° 3 et 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Cette recommandation, peut-être plus que toute autre, donne la possibilité au CCREE de jouer un rôle interventionniste et en même temps constructif. L'étape primordiale consisterait à observer et à évaluer le processus de l'évaluation du transport à grande distance des polluants atmosphériques déjà en cours.

L'évaluation des mesures en cours d'exécution serait instructive en elle-même, et donnerait l'occasion d'intervenir et de procéder à un ajustement à mi-chemin pour améliorer cette importante application de l'évaluation des impacts cumulatifs.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — Étant donné que le transport à grande distance des polluants atmosphériques est un phénomène à grand échelle qui franchit les frontières, l'évaluation suggérée fournirait une base pratique à la façon d'aborder les futurs problèmes de ce genre dans les EIE. Cette activité identifierait l'échelle temporelle de planification et la logistique de coordination liées à la prévention ou à l'atténuation de tels phénomènes.

La mise en oeuvre est immédiate.

RECOMMANDATIONS RELATIVES AUX LIENS «RECHERCHE-ÉCOSYSTÈME»

RECOMMANDATION N° 4

Le CCREE devrait envisager une analyse détaillée d'un exemple de cheminement d'impacts cumulatifs qui allie les caractéristiques associées à des lacunes importantes dans les connaissances à la complexité institutionnelle par suite de facteurs causals grandement dispersés. Cet ensemble de circonstances conduit à la forme d'impacts cumulatifs la plus difficile à gérer; la fragmentation de l'habitat est un sujet proprice à une telle analyse.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — Comme on peut le voir dans l'étude de cas des provinces des Prairies (chapitre 5), la fragmentation de l'habitat est un exemple typique de l'effet cumulatif qui se produit par suite des circonstances que Robilliard (1986) décrit par le terme «grignotement». Erckmann (1986) a également noté une inaptitude à faire face aux conséquences d'impacts mineures multiples, et Munro (1986) a identifié la sylviculture et l'agriculture comme étant des activités donnant lieu à une multiplicité

de petites décisions qui, collectivement, ont un effet cumulatif, mais qui ne sont cependant jamais évaluées.

Parmi les impacts cumulatifs terrestres, la fragmentation de l'habitat, en particulier, est un sujet qui a fait l'objet de peu d'études au Canada. Bien qu'un nombre considérable de documents aient été publiés dans le monde sur la fragmentation et l'aliénation de l'habitat, ainsi que sur l'accoutumance, ces sujets ne sont pas encore assez bien compris pour permettre de décider, en pleine connaissance de cause, s'il faut prendre des mesures pour contrer nombre des effets, et moins encore de décider du genre de mesures à prendre. Par exemple, le gouvernement de l'Alberta a un programme actif d'acquisition de terres pour en faire l'habitat d'espèces fauniques importantes du point de vue économique (document personnel de K. Ambrock). Ce programme pose deux questions clés : quelle superficie doit avoir l'habitat pour faire vivre ces espèces? Dans quelle mesure la superficie d'habitat requise est-elle touchée par divers impacts cumulatifs? Ces questions sont actuellement sans réponse.

Les lacunes dans les connaissances sur l'importance de la fragmentation de l'habitat et de ses origines diverses qui empêchent d'inclure ce type de changement cumulatif dans le processus d'EIE sont les deux raisons clés qui justifient la grande priorité qu'il faut accorder à une étude plus détaillée.

Les cheminements des impacts cumulatifs en cause sont, principalement, les cheminements n° 1 et 3 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Nous soumettons ci-dessous deux objectifs spécifiques de recherche à l'attention du CCREE. Lorsque des zones ou des espèces particulières sont choisies pour étude, elles doivent être les plus abondantes ou les plus représentatives.

Pour ce qui est de la fragmentation de l'habitat, la détermination des propriétés des écosystèmes utiles à la surveillance et à l'analyse de ses effets est un élément fondamental de la recherche. Il peut s'agir, par exemple, des propriétés des groupements végétaux analogues aux propriétés structurales des groupements animaux. La recherche appliquée utiliserait de telles propriétés ainsi que l'examen de la structure et de la composition des fragments d'habitat occupant des proportions différentes des régions touchées. À l'aide d'études des antécédents et d'études démographiques, et de surveillance en temps réel, il faudrait également tenter de déterminer la dynamique structurelle et la dynamique de composition de ces fragments.

Ces orientations données à la recherche sont des exemples précis de la recommandation de CAETEP (1986) à l'effet que des recherches soient entreprises pour déterminer les indicateurs, les seuils et les environnements les plus susceptibles d'être utiles à l'évaluation et à la gestion des divers types d'impacts cumulatifs.

Quant à l'aliénation, l'accoutumance et l'adaptation de l'habitat, l'accent devrait porter sur le recueil d'informations afin de savoir dans quelle mesure ces phénomènes augmentent ou diminuent les effets de la fragmentation de l'habitat.

Pour comprendre ce que sont les impacts cumulatifs, il est indispensable de savoir jusqu'à quel point les conclusions des études sur la fragmentation de l'habitat doivent être modifiées pour expliquer les phénomènes de comportement que sont l'aliénation, l'accoutumance et l'adaptation.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — On possède déjà assez d'informations pour pouvoir penser que les impacts cumulatifs qui se produisent par suite de nombreux faits de faible importance, lesquels n'ont pas été évalués, doivent être étudiés dans le contexte d'un processus global de planification de l'utilisation des terres (Munro, 1986) et que seul un plan à l'échelle régionale peut traiter ce problème, parce qu'il est improbable que l'on puisse améliorer les EIE au point de pouvoir détecter les très petits effets (Erckmann, 1986). Pour toutes ces raisons, l'analyse recommandée ici n'aura sans doute pas d'influence importante sur la façon dont les évaluations des impacts environnementaux seront effectuées à l'avenir. Les principaux bénéficiaires d'une analyse imaginative de la fragmentation de l'habitat, en tant que problème d'impacts cumulatifs, seront les organismes chargés de la gestion environnementale et de la planification de l'utilisation des terres.

La mise en oeuvre est à court et à long terme.

RECOMMANDATION N° 5

Le CCREE devrait promouvoir au moins une étude à long terme sur un sujet de recherche biophysique qui soit fondamental à la compréhension des impacts cumulatifs, et qui exige plus de cinq ans de recherches pour arriver à terme. Le CCREE devrait avoir pour objectif de faire accepter l'idée que certaines questions relatives aux impacts cumulatifs ne seront jamais résolues, à moins que des mécanismes ne permettent de garantir, s'il y a lieu, le soutien financier à long terme de la recherche.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — On a fait valoir, à l'atelier de 1985 sur les impacts cumulatifs (Clark, 1986), que les évaluations traditionnelles des impacts environnementaux n'accordent pas l'attention voulue à la façon dont la dégradation des éléments individuels intéressants de l'écosystème s'intensifie, jusqu'à entraîner la dégradation générale de tous les systèmes environnementaux. Dans cet esprit, Bormann (1985) a émis l'hypothèse que le déclin de l'écosystème forestier, par suite de la pollution atmosphérique, pourrait avoir des analogies fonctionnelles avec la situation à laquelle ont été confrontés, il y a 20 ans, les biologistes spécialisés dans l'étude des rayonnements, lorsqu'ils ont découvert que les effets biologiques des rayonnements étaient continus et que leur nocivité ne commençait pas seulement à partir d'un certain seuil. Si tel était le cas dans un écosystème forestier soumis à des contraintes, des réductions faibles mais continues de flux énergétique à travers l'écosystème pourraient être liées à un déclin subit de l'aptitude du biota à réguler le flux d'énergie et les cycles biogéochimiques. Comme l'a fait valoir Odum (1985), lorsque des contraintes sont décelables au niveau de l'écosystème, il y a réellement matière à s'inquiéter, parce qu'elles peuvent indiquer une rupture d'homéostasie.

Au moins une des analyses récentes des techniques de gestion des écosystèmes soumis à des contraintes (Loucks, 1985) est parvenue à la conclusion décevante que ni l'évaluation spécifique à un système, ni une évaluation à plus long terme ne peuvent être considérées comme des moyens sûrs de faire des prévisions, et qu'elles ne peuvent pas, à elles seules, constituer une méthode de gestion. Cette incertitude permet de penser qu'il faut donner une place très importante à la recherche à long terme sur les contraintes des écosystèmes.

Les impacts cumulatifs en cause peuvent suivre les cheminements n° 1, 2, 3 ou 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et autres organismes pour donner suite à cette recommandation — La première étape consisterait à ce que le CCREE entreprenne une analyse du problème pour identifier un cheminement cumulatif spécifique «cause-effets» qui soit fonctionnel et mesurable au niveau de l'écosystème. Plusieurs processus liés à la question des précipitations acides seraient des sujets appropriés, bien qu'il puisse être préférable de s'intéresser surtout à un effet cumulatif différent, parce que les précipitations acides font déjà l'objet de recherches considérables. Les questions d'impacts cumulatifs résumées au chapitre 6 offrent de nombreux sujets cibles pour une étude à long terme.

Les objectifs de recherche à long terme devraient être axés sur la question posée par Clark (1986), à savoir comment la dégradation des éléments individuels importants de l'écosystème s'intensifie au point d'entraîner la dégradation générale de systèmes environnementaux entiers. La recherche sur les contraintes dans les écosystèmes devrait comprendre une étude plus large des effets biologiques qui se manifestent de façon continue, et non pas à partir d'un seuil. Une importance égale devrait être accordée à la recherche de signes avertisseurs précoces et fiables du déséquilibre de l'écosystème.

Une fois les objectifs de la recherche à long terme définis, le CCREE devrait entreprendre des discussions avec le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et les autres organismes appropriés qui distribuent des subventions, pour promouvoir l'idée que certains sujets de recherche, indispensables à la compréhension des impacts cumulatifs, ne peuvent pas être abordés sans la certitude que la recherche à long terme aboutira.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — La recherche à long terme proposée ici n'aurait aucune répercussion importante sur les EIE, autre que celle de renforcer l'idée que certains types de questions relatives aux impacts cumulatifs ne peuvent absolument pas faire l'objet de recherches dans le contexte et l'espace temporel actuels des EIE. Si la recherche amenait à l'identification des signes précurseurs d'une rupture de l'écosystème, ce fait aurait évidemment une valeur politique et administrative en planification environnementale.

La mise en oeuvre est à long terme.

RECOMMANDATION N° 6

Le CCREE devrait veiller à ce qu'une partie de la recherche sur les impacts cumulatifs porte sur les liens fonctionnels au sein d'écosystèmes gravement perturbés et en cours de réhabilitation.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — La recherche portant sur les écosystèmes «perturbés» et sur ceux «non perturbés» donne actuellement matière à discussion. D'une part, il y a ceux qui pensent que la recherche la plus importante à effectuer dans les réserves écologiques doit consister à surveiller les changements qui s'y produisent, en l'absence d'activités perturbatrices d'origine humaine. Selon ce raisonnement, la méthode consiste à attendre que le changement se produise, et cette stratégie est fidèle au principe qu'une caractéristique essentielle des réserves écologiques est leur valeur en tant que laboratoires en plein air, où seuls des phénomènes naturels peuvent se produire (Rowe, 1985).

D'autre part, il y a les chercheurs qui dénoncent les conséquences du fait que la majeure partie de la recherche écologique est effectuée dans des écosystèmes relativement «non perturbés». Ils pensent qu'un tel procédé est comparable à une étude de la physiologie humaine qui porterait seulement sur des sujets sains. Ces études ne comportent qu'un faible sous-ensemble de réactions et des mécanismes possibles; elles fournissent également peu d'informations sur les méthodes de guérison (Aber et Jordan, 1985).

Un rapport récent de CAETEP (1986) soulève un point important au sujet des espèces «tolérant les perturbations», dans le contexte des indices de diversité des espèces. Un changement environnemental important entraîne souvent l'extinction, à l'échelle locale, d'un grand nombre d'espèces sensibles, et la prédominance de quelques espèces qui y résistent. Par conséquent, les indices de diversité des espèces ont servi à mesurer la perturbation subie par groupe. Cet emploi des indices de diversité a été contesté, parce qu'il a été peu tenu compte des changements fonctionnels qui se produisent dans les écosystèmes perturbés. Les indices ne tiennent pas compte de la majeure partie de la complexité des processus qui modifient la diversité, et ces indices ne sont bien utilisés que lorsqu'on peut avoir la certitude qu'ils reflètent le comportement du système faisant l'objet des mesures.

Si l'on considère l'opinion de Orians (1986), selon laquelle nous ne cherchons pas seulement à diminuer, à l'avenir, les impacts cumulatifs indésirables, mais encore à faire disparaître ceux qui se sont déjà produits, on constate que des arguments puissants sont actuellement avancés en faveur d'études écologiques centrées sur les techniques de restauration, du fait qu'elles pourraient créer un lien entre la théorie et la pratique. L'idée est que nombre de problèmes d'ordre écologique peuvent être résolus synthétiquement par reconstitution, plutôt qu'en tablant uniquement sur les méthodes traditionnelles de description et de dissection. Le CCREE devrait creuser cette idée en dirigeant une partie de la recherche sur les impacts cumulatifs vers les liens fonctionnels au sein d'écosystèmes perturbés qui sont en cours de réhabilitation.

Ce sujet a été abordé par Clark (1986) dans un contexte quelque peu différent. Il note que, en général, après une perturbation, les écosystèmes font preuve d'une grande aptitude à retourner à leur état précédent. Holling (1985) a également signalé que la plupart des impacts ne s'accumulent pas parce que la plupart des systèmes environnementaux sont suffisamment résistants pour supporter un grand nombre de perturbations. Clark (1986) a conclu de ces observations que la question importante, du point de vue scientifique, n'est pas de savoir si les choses sont étroitement liées dans les écosystèmes, mais plutôt de découvrir lesquelles sont si étroitement liées qu'elles doivent être analysées ensemble lors des évaluations environnementales. La recherche sur les impacts cumulatifs dans des écosystèmes perturbés, mais en cours de rétablissement, devrait donner de nouvelles occasions d'identifier les variables qui doivent être analysées conjointement.

Les impacts cumulatifs en cause peuvent suivre principalement les cheminements n° 1, 3 et 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Ce sujet suggéré est celui qui conférerait au CCREE le rôle qui lui conviendrait le mieux, à savoir celui de promouvoir la mise sur pied d'une étude pilote par certains organismes de recherche en place. Des projets de réhabilitation et d'amélioration de l'habitat sont en cours, ou sont prévus, dans plusieurs écosystèmes d'eau douce ou terrestres, au Canada. Les zones touchées par les projets devraient être évaluées afin de savoir si elles conviennent à la recherche sur les impacts cumulatifs proposée ici.

Les études sur le changement complet de direction des impacts cumulatifs, dans des écosystèmes qui se rétablissent naturellement, ou qui sont restaurés selon des techniques de gestion spécifiques, n'ont pas à être aussi multidisciplinaires que les autres recherches sur les impacts cumulatifs. Ici, la méthode «cause unique-effet unique» de Clark (1986) conviendrait.

Enfin, il sera dans l'intérêt du CCREE de faire connaître la réversibilité de certains impacts cumulatifs. Cette possibilité se réalisera plus rapidement si le CCREE entreprend très tôt de promouvoir une étude pilote des impacts cumulatifs dans des écosystèmes perturbés, mais en voie de rétablissement.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — Étant donné que la recherche recommandée peut exiger certaines études à long terme, la suite donnée à cette recommandation n'aurait pas de répercussion importante et immédiate sur l'EIE et la planification environnementale. Les informations sur les taux de restauration et la réversibilité des impacts cumulatifs finiront, cependant, par présenter de l'intérêt en planification et en gestion environnementales.

La mise en oeuvre est initialement à court terme, mais certains résultats de recherches peuvent demander une étude à long terme.

RECOMMANDATION N° 7

Le CCREE devrait entreprendre l'analyse détaillée de plusieurs possibilités de collecte de données de recherche en vue de les appliquer à l'évaluation des impacts cumulatifs. Un objectif connexe consisterait à évaluer l'importance accordée aux divers niveaux d'intégration, de la cellule à l'écosystème tout entier.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — Le fait que l'on ait toujours compté sur les programmes de surveillance environnementale, pour mesurer le changement des écosystèmes, doit faire l'objet d'un supplément d'évaluation, parce que ces programmes ne fournissent généralement pas la quantité et la qualité de données nécessaires en science expérimentale. L'examen approfondi d'éléments spécifiques des écosystèmes peut fournir des données ayant une plus grande valeur, en matière d'évaluation des impacts cumulatifs, que celles obtenues à l'aide des programmes de surveillance actuels. Au Canada, on a eu tendance à créer des centres de recherche institutionnalisés, vastes et centralisés. Chacun d'eux est limité par la portée de son mandat et les tendances de ses chercheurs. Le recours à d'importants organismes gouvernementaux, qui exécutent les programmes de surveillance, est une manière de réunir des données en vue d'une évaluation des impacts cumulatifs, mais il faudrait établir des comparaisons avec d'autres possibilités, telles que des laboratoires universitaires plus petits, ou de la recherche effectuée dans le secteur privé, en rapport avec l'EIE.

L'évaluation recommandée ci-dessus devrait porter plus particulièrement sur la rigueur avec laquelle les prévisions justifiables scientifiquement doivent être faites (O'Riordan, 1986). En particulier, il n'y a pas que les savants qui insistent sur le besoin de rigueur scientifique : lors de l'atelier de 1985 sur les impacts cumulatifs (CCREE et NRC des É.-U., 1986), plusieurs participants ayant une longue expérience en tant que gestionnaires environnementaux ont fait la même remarque. Baskerville (1986b) souligne le fait que ce dont «les prévisions d'impacts cumulatifs ont surtout besoin, c'est de plus de rigueur scientifique». Parmi les sujets nécessitant une évaluation, citons les techniques qui visent à prévoir directement les impacts environnementaux eux-mêmes. La prévision d'un impact implique nécessairement que des prévisions sur le comportement du système ont été faites, qu'il y ait eu intervention ou non. Comme le conclut Baskerville (1986b), la recherche qui prétend identifier les impacts sans caractériser simultanément le rendement du système, en présence ou en l'absence d'intervention, n'a pas de fondement scientifique sérieux. Ce point est important, non seulement pour des raisons scientifiques, mais aussi parce que, comme l'ont fait valoir Dayton (1986) et Policansky (1986), les impacts de la variabilité naturelle sont moins susceptibles d'être cumulatifs que les impacts provoqués par l'homme. Sadler (1986) constate également que la clé de la compréhension des impacts cumulatifs est, en premier lieu, de pouvoir distinguer les changements anthropogéniques de la variabilité naturelle, à l'intérieur de limites spécifiées et, ensuite, de pouvoir établir un lien avec la stabilité et la résistance des systèmes naturels.

Les systèmes biologiques fonctionnent, à bien des niveaux, de la cellule à l'écosystème, et les recherches effectuées en vue de mesurer les réactions aux perturbations portent sur ce

spectre tout entier. Nombre d'analystes soulignent que les effets de la pollution se font sentir dans les écosystèmes, et que nous devrions donc nous attacher plus particulièrement à cette extrémité de la hiérarchie. Il a été précisé au chapitre 3 que parmi les divers niveaux d'intégration, de la cellule à l'écosystème, les trois qui justifient le plus une étude scientifique rigoureuse sont la cellule, l'individu et l'écosystème (Rowe, 1961). On reconnaît de plus en plus l'importance des mesures des effets de la pollution faites au niveau cellulaire et dans le domaine de la physiologie. Les réactions, à ces niveaux de la hiérarchie biologique, se produisent en un temps bref, qui va de quelques minutes à quelques jours, et elles sont très marquées. En outre, les études des processus cellulaires sont celles qui parviennent le mieux à cerner ce qui, chez les animaux et les plantes, réagit le plus aux contaminants présents dans l'environnement (Bayne, 1985).

Bien que des faits repétés nous rappellent que les impacts cumulatifs se produisent dans le contexte des écosystèmes, la recherche sur les impacts cumulatifs mise de l'avant par le CCREE ne devrait pas être axée exclusivement sur les études au niveau de l'écosystème; un soutien égal devrait être accordé à la recherche au niveau cellulaire chez les organismes, parce que c'est là que se situent les liens «dose-réaction», les seuils et les indices toxicologiques que l'on peut étudier avec le plus de précision.

Les impacts cumulatifs en cause peuvent suivre les cheminements n° 1, 2, 3 ou 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Cette recommandation n'entend pas diminuer la valeur des études d'écosystèmes. En fait, d'autres recommandations formulées dans cette étude signalent la recherche sur les écosystèmes, indispensable à l'évaluation des impacts cumulatifs. Le CCREE n'a donc pas à inciter à une controverse sur les mérites relatifs de la recherche au niveau des écosystèmes et de la recherche au niveau cellulaire. Il est plus important d'admettre que les deux sont nécessaires.

L'évaluation que le CCREE effectuera à titre de suivi devrait porter sur une évaluation des diverses voies que peut suivre la recherche pour mieux obtenir des renseignements sur les impacts cumulatifs au niveau des cellules, des organismes individuels, et de l'écosystème. Cette tâche diffère des controverses, trop souvent entendues, sur les mérites comparés de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée.

Il faudrait procéder à des comparaisons spécifiques de la valeur qu'ont, pour l'évaluation des impacts cumulatifs, les données obtenues au cours des recherches, en se basant tant sur des critères scientifiques que sur des critères d'évaluation socio-économique, pour que la recherche : a) fasse partie intégrante d'une évaluation des impacts environnementaux d'un projet particulier, telle que la récente étude du milieu marin de la région est de l'Arctique; b) soit une étude distincte fondée sur les écosystèmes, telle que l'Experimental Lakes Area; ou c) une recherche fondamentale soutenue par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) ou d'autres sources comparables de subvention.

Une telle évaluation a pour but de fournir des renseignements permettant au CCREE de conseiller le CRSNG, le ministre d'État chargé des sciences et de la technologie, et les autres ministères fédéraux qui subventionnent ce type de recherche pendant la durée voulue (trois ans, cinq ans, ou plus) pour régler les principales questions relatives aux impacts cumulatifs qui préoccupent les Canadiens.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — L'évaluation suggérée ci-dessus trancherait entre plusieurs opinions divergentes qui sont actuellement formulées au sujet du rôle que l'EIE joue en tant qu'outil de recherche scientifique. Une évaluation effectuée selon des critères scientifiques et socio-économiques rigoureux aiderait à définir les voies qui permettraient le mieux d'obtenir les données dont on a besoin pour améliorer l'évaluation des impacts cumulatifs.

La mise en oeuvre est immédiate pour la phase d'évaluation, à court et à long terme, pour le calendrier de recherches basé sur les recommandations résultant de l'évaluation.

RECOMMANDATION N° 8

Le CCREE devrait entreprendre ou promouvoir une recherche sur l'application de concepts de systèmes généraux à l'évaluation des perturbations des écosystèmes par des impacts cumulatifs potentiels.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — L'application des informations écologiques relatives aux impacts cumulatifs sera plus efficace si les écosystèmes sont considérés en tant que systèmes (Odum, 1971b), c'est-à-dire en tant que réseaux de sources et de réservoirs de flux d'énergie, reliés par des éléments de contrôle et des boucles de rétroaction.

Il est indispensable de procéder à une analyse des systèmes pour évaluer les impacts cumulatifs quantitativement. La représentation des écosystèmes par des schémas de réseaux permet de visualiser qualitativement les interactions du système. De tels réseaux peuvent également être représentés par des matrices (Clark, 1986). En raison de la nature complexe des interactions qui entraînent des impacts cumulatifs, les planificateurs ne peuvent pas espérer analyser les risques d'impacts cumulatifs en détail, avec leur degré de connaissances actuel. S'ils étaient formés à des méthodes portant sur des systèmes généraux, ils seraient plus aptes à poser les questions pertinentes au sujet des scénarios de mise en valeur. L'élaboration de modèles de systèmes génériques appliqués aux interactions des écosystèmes est nécessaire pour fournir le fondement analytique à la compréhension de la manière dont les impacts cumulatifs peuvent se produire dans les écosystèmes.

Les impacts cumulatifs en cause suivent principalement les cheminements n° 3 et 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Renseigner les futurs

planificateurs sur les principes de l'analyse des écosystèmes est une étape élémentaire de la suite à donner à cette recommandation. Dans ce but, le CCREE devrait inciter à étudier les systèmes dans les programmes de formation actuels.

Une étape importante consiste à créer des modèles génériques relativement simples qui serviraient à évaluer et à planifier. Les descriptions des concepts de système général par Weinberg (1975) et l'analyse générale des systèmes environnementaux par Blau (1985) aideraient à donner suite à cette recommandation.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — Cette recommandation aiderait les planificateurs et les représentants des organismes chargés de l'EIE et de l'évaluation des impacts cumulatifs à voir comment ramener la complexité de l'environnement à une échelle analysable. Le concept des systèmes généraux doit imprégner les EIE et les groupes de planification. Si on y parvient, les données nécessaires à des analyses scientifiquement défendables seront plus clairement définies pour les organismes de planification environnementale.

La mise en oeuvre est à long terme.

RECOMMANDATIONS AYANT TRAIT AUX LIENS «RECHERCHE-GESTION»

RECOMMANDATION N° 9

Le CCREE devrait promouvoir et appuyer une recherche de mécanismes qui permettraient d'améliorer les liens entre la recherche épidémiologique et la recherche environnementale.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — En médecine, les chercheurs ne sont pas nécessairement bien formés à des disciplines essentielles à la recherche environnementale. Quant aux chercheurs dans le domaine de l'environnement, ils ne sont pas souvent versés dans la recherche épidémiologique. D'autres barrières tiennent à la nature de la collecte des données et à leur recherche. Par exemple, les dossiers médicaux ne sont pas facilement mis à la disposition des chercheurs environnementaux. Même à l'échelle épidémiologique, les dossiers que l'on détient ne conviennent généralement pas à une application à grande échelle. De plus, l'interdiction de divulguer des renseignements sur la santé limite la consultation des dossiers qui peuvent exister. La circulation d'informations entre les professionnels de la santé et ceux de l'environnement est très limitée et ce phénomène a fait obstacle à la recherche sur les problèmes de la santé qui s'impose dans le domaine des impacts cumulatifs. Pour toutes ces raisons, il est recommandé que le CCREE recherche des moyens d'obtenir des ensembles de données intégrées sur les cas où des changements environnementaux entraînent des problèmes de santé. Il faut adopter une nouvelle façon d'aborder le problème, si l'on veut parvenir à une meilleure évaluation à long terme des impacts cumulatifs sur les hommes.

Certains exemples d'initiatives prises en vue de combler les écarts institutionnels et disciplinaires entre les chercheurs dans le domaine de la médecine et de l'environnement servent de guide aux programmes du CCREE. Le *Medical Diagnostic Review Program of Alberta's Acid Deposition Research Program*, qui a débuté en 1985, est un exemple type de programme spécial de recherche entrepris en vue d'évaluer les effets sur la santé des émissions de gaz acides dans le sud de l'Alberta. Il est intéressant de noter que des fonds spéciaux ont été alloués en dehors des organismes institutionnels et de recherche en place, afin que l'équipe de chercheurs universitaires puisse entreprendre les travaux sous contrat. Les fonds versés à ce programme n'ont été alloués qu'après que les résidants de la région de Pincher Creek se soient plaints de problèmes de santé pendant des dizaines d'années. Il est important de noter que l'EIE n'a pas fait partie du Medical *Diagnostic Review*, en Alberta.

Cet accord d'étude entre le secteur privé et l'université, subventionné par la province de l'Alberta, mérite d'être pris sérieusement en considération pour ses applications possibles, ailleurs au Canada. De telles méthodes de recherche devraient être éprouvées pour un plus grand nombre de problèmes d'impacts cumulatifs ayant une connotation à l'échelle humaine.

Les impacts cumulatifs en cause suivent principalement les cheminements n° 2 et 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Les trois étapes que le CCREE pourrait aborder ou promouvoir sont :

- La création de banque de données environnementales et épidémiologiques pour le Canada : la compatibilité des types de données accumulées par les chercheurs dans le domaine de l'épidémiologie et de l'environnement devrait être étudiée avec l'intention de pouvoir rechercher les données de base et de les communiquer à une grande diversité de chercheurs. Il faut élaborer des mécanismes et des méthodes permettant au personnel non médical d'avoir accès aux données médicales; mais il faut également que les sources de données environnementales soient présentées d'une manière qui soit utile aux chercheurs dans le domaine médical. Il se peut que le concept traditionnel de «banque de données» ne suffise pas ici. Peut-être faut-il recommander des systèmes spéciaux pour chaque étude épidémiologique spécifique entreprise sur les polluants environnementaux. Le programme albertain dont il est question plus haut pourrait présenter de l'intérêt pour les futurs chercheurs.

- Centres de recherche épidémiologique : actuellement, la plupart des épidémiologistes ne connaissent pas bien les processus des EIE au Canada, ni les méthodes utilisées par les chercheurs se consacrant aux problèmes environnementaux. Ce n'est que dans des cas exceptionnels que les savants dans les divers disciplines collaborent. Au Canada, comme dans le reste du monde, la recherche épidémiologique environnementale en est encore à ses débuts. Il n'y a que peu d'exemples d'études détaillées et celles-ci, comme

dans le cas de l'incident de Bhopal, sont habituellement liées à des événements catastrophiques.

Le CCREE pourrait améliorer la situation en attirant l'attention sur les lacunes indiquées ci-dessus et en recommandant d'allouer des fonds spéciaux à des centres de recherche en épidémiologie, pour qu'ils entreprennent des travaux dans le domaine environnemental. De manière générale, le CCREE devrait promouvoir l'incorporation de techniques épidémiologiques dans les mécanismes d'EIE au Canada. Le CCREE pourrait également dresser une liste des sujets possibles de recherche à long terme sur lesquels les études épidémiologiques pourraient se fonder. Tout pont jeté entre les chargés de recherche environnementale et médicale serait un sérieux pas en avant.

- Données épidémiologiques et prises de décisions : les mécanismes actuels d'EIE comportent une lacune importante, à savoir que le point de vue épidémiologique des impacts cumulatifs est rarement communiqué à ceux qui prennent les décisions. Les controverses au sujet de la cigarette et du cancer, ou de l'utilisation de l'amiante sont des exemples qui prouvent que beaucoup de temps peut s'écouler entre la définition du problème et la prise de décision d'ordre réglementaire. Dans ces cas, plusieurs décennies ont passé avant que des mesures soient prises pour protéger le public. De tels retards n'aident pas à prévenir les problèmes médicaux qui ont leur origine dans des conditions environnementales.

Que ce soit par des subventions spéciales de projets de recherche spécifiques ou par l'application à long terme de programmes de recherche, ou les deux, le CCREE devrait jouer un rôle de premier plan dans l'identification des centres potentiels d'excellence en matière de développement des recherches épidémiologiques environnementales. Le CCREE pourrait jouer le rôle de catalyseur dans ce domaine important de la recherche et il pourrait suivre les progrès accomplis dans plusieurs catégories distinctes de problèmes environnementaux. Sans nul doute, cela demanderait énormément de temps et de fonds. Cependant, les problèmes abordés ont beaucoup d'importance pour des Canadiens venant d'horizons très divers. Le CCREE pourrait avoir un rôle clé dans la supervision de l'identification des problèmes appropriés à la recherche sous ses auspices. Une fois admis le besoin réel de protection de la santé, le CCREE pourrait faciliter la tenue d'ateliers en vue de définir les méthodes à employer.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — L'EIE n'a que légèrement touché à la définition des problèmes médicaux à long terme causés par des propositions de développements importants. On peut dire que, en général, l'interface EIE-épidémiologie en est à ses débuts. Cela est bien malheureux, étant donné qu'on estime que le public est bien plus préoccupé par les impacts cumulatifs à long terme sur la santé que par les impacts strictement environnementaux. Il semble que l'amélioration de la situation dépend du rôle beaucoup plus actif que les ministères de la Santé jouent dans le processus d'EIE au Canada et dans la surveillance médicale détaillée des impacts cumulatifs décelés dans l'environnement.

La surveillance à long terme de zones reconnues comme présentant des risques pour la santé est grandement négligée dans le processus d'évaluation environnementale. Par exemple, les changements artificiels dans l'apport d'eau douce à la baie d'Hudson et à la baie James (Prinsenberg, 1980) sont jugés associés à la mobilisation accrue du mercure dans le milieu marin. Les liens avec les préoccupations qu'entraîne l'accroissement du mercure dans la faune marine et chez les Inuit sont déjà établis (Wheatley, 1979; Eaton et Farant, 1982). Il faut un système de surveillance intégré et à long terme pour pouvoir évaluer convenablement les conséquences épidémiologiques de ces processus.

La mise en oeuvre est à long terme.

RECOMMANDATION N° 10

Le CCREE devrait promouvoir la réalisation d'au moins une étude des impacts cumulatifs qui convienne bien à l'intégration des aspects scientifiques et socio-économiques à l'étape de la recherche. Le sujet idéal de recherche serait celui de l'application de l'approche de système global à la gestion du bassin atmosphérique pour le contrôle des effets atmosphériques cumulatifs au Canada.

Raisonnement sous-tendant la recommandation — Les programmes de gestion du bassin atmosphérique basés sur le principe du vase clos ont été récemment étendus pour répartir les émissions permises entre les sources existantes ou futures dans une zone de développement régional ou le site d'un projet précis. L'application de ce concept s'est faite à des échelles allant des projets urbains-industriels à des points multiples d'émissions de polluants dans une usine donnée. L'utilisation de ce concept est plus poussée en Californie où, en vertu de la loi de l'État sur les polluants atmosphériques, l'État tout entier est divisé en bassins atmosphériques ou en districts de gestion de l'air.

Les unités régionales de gestion de la qualité de l'air ont également été définies pour diverses parties du nord-est des États-Unis, pour diverses régions urbaines de l'Ontario, ainsi que pour Montréal et Vancouver. Ces unités de gestion recouvrent des zones définies par des caractéristiques topographiques ou de développement économique qui tentent de définir les bassins atmosphériques, comme on a défini des bassins hydrographiques, qui sont semi-indépendants par nature.

Il reste encore à prouver que l'approche du «système global» parvient bien à corriger les impacts cumulatifs dans des régions autres que des bassins topographiquement distincts, tels que Vancouver et la région des basses terres de la Colombie-Britannique. Le district régional du Grand Vancouver et le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique élaborent actuellement un plan, à l'échelle des basses terres, pour contrôler les émissions qui forment des oxydants photochimiques, effet cumulatif assez bien connu. Il reste aussi à prouver que la méthode de gestion par bassin atmosphérique améliore le contrôle des impacts cumulatifs.

Les impacts cumulatifs en cause suivent, principalement, les cheminements n° 3 et 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Contrairement à la plupart des autres recommandations de ce rapport, qui tendent à ne pas tenir compte de ceux qui contribuent aux impacts cumulatifs en se concentrant sur le rôle des administrateurs, des planificateurs et des savants, ce sujet se prête à la participation intégrée de ceux qui sont soumis à des règlements. L'évaluation de ce concept fournirait une excellente occasion d'intégrer des considérations socio-économiques à des critères technologiques de gestion de la qualité atmosphérique. Cette intégration suggérée implique que ce projet donne au CCREE l'occasion d'inviter l'industrie et les autres «contributeurs» à l'effet cumulatif étudié, à participer à cette recherche intégrée.

Ce sujet se prête également à une analyse comparative de diverses possibilités de gestion des impacts cumulatifs, y compris des méthodes basées sur la réglementation, la médiation et des stimulants économiques. Un projet d'étude dans une zone urbaine du Canada fournirait la base d'une évaluation de ce concept et de son élaboration.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — L'élaboration de principes de gestion par bassin atmosphérique, qui comprend des aspects socio-économiques et des aspects scientifiques, permettrait aux planificateurs d'autoriser des quantités d'émissions acceptables, de façon plus efficace et moins arbitraire.

La mise en oeuvre est à court terme.

RECOMMANDATION N° 11

Le CCREE devrait promouvoir l'évaluation exhaustive de l'efficacité des normes de réglementation canadiennes en ce qui a trait à la prévention d'effets néfastes et cumulatifs.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — Cette étude de l'état actuel des connaissances mène à la conclusion que les normes actuelles, au Canada, ne peuvent pas, à elles seules, assurer la gestion efficace des impacts cumulatifs. Par exemple, les normes relatives aux effluents à long terme sont rarement fondées sur des évaluations des impacts cumulatifs. De manière générale, on emploie des critères de létalité aiguë ou à court terme. Il existe de nombreux autres exemples de mesures réglementaires à court terme similaires qui deviennent un sous-ensemble interactif des impacts cumulatifs à long terme. Hamilton (1986) a traité ce problème en formulant la recommandation suivante :

> *Nous devons moins nous fier à la réglementation pour maintenir la viabilité à long terme de nos écosystèmes d'eaux douces. La réglementation actuelle, qui fait peu l'objet de suivis, mène à une situation très relâchée qui ne sert probablement les intérêts de personne.*

Le problème fondamental est que les structures des règlements actuels, du type «axés sur les caractéristiques d'émission» tendent à ne pas tenir compte des écosystèmes touchés. Les stratégies de conservation et de protection deviennent beaucoup trop restrictives lorsqu'elles entrent en application. Selon Hamilton (1986), les normes «fondées sur la technologie» ont peu de rapport avec les normes «fondées sur les écosystèmes».

Le problème crucial, lorsqu'on traite des impacts cumulatifs, reste celui de la définition des repères temporels. Le temps nécessaire doit être précisé avant qu'on puisse tenter quelque analyse comparative valable que ce soit. Par exemple, ceux qui s'intéressent aux impacts cumulatifs sur les eaux souterraines doivent être parfaitement conscients que le déplacement des eaux souterraines est très lent par rapport à celui de l'eau en surface ou dans l'atmosphère.

Les impacts cumulatifs en cause peuvent suivre les cheminements n° 1, 2, 3 ou 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Le CCREE devrait planifier ses programmes futurs de façon qu'ils bénéficient des travaux de recherche sur les écosystèmes qui ont déjà donné des résultats fructueux. Par exemple, l'Experimental Lakes Area du ministère des Pêches et Oceans a, en fait, aidé les organismes gouvernementaux de l'Amérique du Nord à élaborer des règlements et des normes relatives au phosphore pour protéger les lacs. Les données expérimentales tirées de ce domaine d'étude font également partie intégrante de la documentation sur les impacts cumulatifs à long terme de l'acidification des lacs dans le Bouclier Canadien.

Les liens entre de telles études à long terme sur les écosystèmes et les organismes de réglementation doivent être renforcés. De telles études devraient amener à trouver des mécanismes permettant d'inclure leurs conclu sions dans la recherche permanente de l'EIE. Actuellement, les groupes chargés de la réglementation et de la recherche tendent à fonctionner en vase clos, en partie parce que trois activités distinctes, au moins, sont en cause : la planification de l'EIE et la recherche; les normes réglementaires et leur mise en application, et la recherche à long terme sur les éco systèmes. On recommande que le CCREE recherche des mécanismes permettant d'intégrer ces trois processus distincts et d'englober les résultats de la recherche à long terme dans les normes actuelles.

Dans ce contexte, il se peut que le rôle convenant le mieux au CCREE soit principalement celui d'animateur, tandis que l'effort principal, actuellement fourni par le Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, serait intensifié.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — La mise en oeuvre de l'EIE, au Canada, qui passe par de nombreuses entités, manque d'uniformité dans ses méthodes et son application. Une évaluation complète et détaillée des normes de réglementation environnementale fournirait une base plus visible de comparaison de l'application, du respect

de ces normes et des résultats obtenus, en matière de protection de l'environnement, par différentes autorités. De telles informations fourniraient à leur tour des points valables de référence pour des travaux d'EIE, en particulier lorsque celle-ci exige l'incorporation de normes réglementaires.

La mise en oeuvre est à court terme.

RECOMMANDATION N° 12

Le CCREE devrait, dans le domaine des pesticides, se concentrer sur de nouvelles recherches difficiles à réaliser, jusqu'à présent, suite au manque de données permettant de vérifier l'existence d'un éventuel problème d'impacts cumulatifs.

Raisonnement sous-tendant cette recommandation — Comme nous l'avons indiqué dans l'étude de cas des provinces des Prairies (chapitre 5), le manque de données fiables sur les quantités d'insecticides, d'herbicides et de fongicides libérées dans l'environnement est le principal obstacle aux évaluations des impacts cumulatifs de ces composés. La recherche sur les impacts cumulatifs de l'utilisation des insecticides, des herbicides et des fongicides à des fins agricoles a été freinée par un tel manque de données, et le CCREE pourrait faciliter la réalisation de progrès importants dans ce domaine.

Bien que les insecticides à base de phosphate organique et les herbicides sélectifs soient dits non persistants, et ils le sont certainement moins que bien des insecticides à base de composés organochlorés, on ne possède pas de données pertinentes sur leur utilisation ou sur les effets de leur utilisation courante, ni sur les cas où l'apparition massive d'insectes perturbe les modes de traitement normal.

Ce sujet de recherche suggéré fournirait une occasion excellente de s'intéresser aux deux cheminements interactifs d'impacts cumulatifs (cheminements n° 2 et 4 de la figure 2, comportant respectivement les effets d'amplification et de synergie), qui tendent à recevoir moins d'attention que les impacts cumulatifs additifs (cheminements n° 1 et 3 de la figure 2).

Les impacts cumulatifs en cause suivent, principalement, les cheminements n° 1, 2 et 4 (figure 2).

Étapes suggérées au CCREE et aux autres organismes pour donner suite à cette recommandation — Bien que les insecticides, les herbicides et les fongicides soient des composés bien connus individuellement et que leurs effets sur les organismes cibles soient, eux aussi, bien connus, la connaissance des quantités totales utilisées à l'échelle régionale, au Canada, des effets des applications répétées et des effets interactifs de plusieurs produits chimiques à usage agricole utilisés simultanément présente des lacunes importantes. Si le CCREE entreprend une analyse de ce problème, la première étape devrait consister à définir les lacunes dans les connaissances avec plus de détails qu'il n'a été possible de le faire dans le cadre de la présente étude.

Toute étude de suivi qu'entreprendrait le CCREE sur les objectifs de recherche spécifiques devrait comprendre les étapes suivantes :

- déterminer la fréquence d'application et le dosage des pesticides et des herbicides utilisés par région pendant un certain nombre d'années pour avoir une certaine idée de l'étendue du problème. Actuellement, on ne possède pas de telles données, ou elles ne sont pas disponibles;

- examiner les résidus dans le sol et le biota afin d'y déceler une preuve d'accumulation et de bio-accumulation. Cela exigerait un programme de surveillance à long terme, semblable à certains actuellement en cours d'application; et

- créer un système de surveillance des écosystèmes pour déterminer les effets des utilisations répétées sans tenir compte de l'accumulation. Idéalement, ce système devrait être expérimental et comparatif, mais il est peu probable qu'un épandage contrôlé puisse être effectué sur une superficie assez grande pour qu'elle soit représentative. On possède actuellement fort peu de renseignements sur les effets qu'a, sur les écosystèmes, la suppression répétée de grandes populations d'insectes et de nombreuses espèces de plantes d'une zone cible, pendant de longues périodes.

Importance pour l'EIE et la planification environnementale — Le but du travail recommandé consiste à découvrir s'il existe des impacts cumulatifs et, dans l'affirmative, à déterminer leur gravité. De tels renseignements sont indispensables pour une EIE et une planification environnementale, si l'une ou l'autre d'entre elles doit servir à s'assurer que l'utilisation de produits chimiques à des fins agricoles ne mène pas à des impacts cumulatifs néfastes.

La mise en oeuvre est à long terme.

BIBLIOGRAPHIE

ABER, J.D. et JORDAN, W.R., III. «Restoration ecology : An environmental middle ground», *BioScience* 35(7):399, 1985.

ABERG, B. et HUNGATE, F.P. *Radioecological Concentration Processes*, Oxford : Pergamon, (éd.) 1967.

ACKMANN, R.G. et NOBLE, D. «Steam distillation : A simple technique for recovery of petroleum hydrocarbons from tainted fish», *Journal of Fisheries Research Board Canada* 30:711-714, 1973.

AFFAIRES INDIENNES ET DU NORD. *Statement to the Beaufort Environmental Assessment and Review Panel*, Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa, 1982.

AFGHAN, B.K. et MACKAY, D. Hydrocarbons and halogenated hydrocarbons in the aquatic environment, (éd.) 1980. In *Proceedings of the International Symposium on Analysis of Hydrocarbons and Halogenated Hydrocarbons, Hamilton, Ontario*. New York : Plenum Press, 1978.

ALBERTA ENERGY AND NATURAL RESOURCES. *Status of the Fish and Wildlife Resource in Alberta*, Fish and Wildlife Division, Alberta Energy and Natural Resources, Edmonton (Alberta), 1984.

ALBERTA ENVIRONMENT. *Cold Lake Beaver River Water Management Study*, Alberta Environment, Planning Division, Edmonton (Alberta), 1983.

ALBERTA ENVIRONMENT. *Summary Report — South Saskatchewan River Basin Planning Program*, Planning Division, Alberta Environment, Edmonton (Alberta), 1984.

ALBERTA PLANNING BOARD. *Agricultural Land : The Role of the Alberta Planning Board*, Interagency Planning Branch, Alberta Municipal Affairs, Edmonton (Alberta), 1983.

ANDREAE, M.O. et RAEMDONCK. «Dimethyl sulfide in surface oceans and marine atmosphere : A global view», *Science* 221:744-747, 1983.

AUDET, R. et LE HENAFF, A. *Land Planning Framework of Canada : An overview*, Document de travail n° 28, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa, 1983.

BACH, W. *Our Threatened Climate : Ways of Averting the CO_2 Problem through Rational Energy Use*, Dordrecht and Boston : D. Reidel Publishing Company, 1984.

BAILEY, E.A. «Shrinking wildlife habitat : Drought conditions take their toll of waterfowl and other creatures», *Environment News* 8(60):21-23, 1986.

BARRETT, G.W. «A problem-solving approach to resource management», *BioScience* 35:423-427, 1985.

BASKERVILLE, G. «Managing our forests : It's now or never», *Land* 7(1):8-9, 1986a.

BASKERVILLE, G. Some scientific issues in cumulative environmental impact assessment. *In Cumulative Effects : A Binational Perspective*, 9-14 (CCREE et U.S. NRC, éd.), Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986b.

BAYNE, B.L. «Cellular and physiological measures of pollution effect». *Marine Pollution Bulletin* 16:127-129, 1985. BEANLANDS, G.E. Environmental impact assessment as an element of environmental management : Commentary II. *In Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 35-36 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

BEANLANDS, G.E. et DUINKER, P.N. *Un cadre écologique pour l'évaluation environnementale au Canada*, Institute for Research and Environment Studies, Université Dalhousie, Halifax (N.-E) et Bureau fédéral d'examen des évaluations environmentales, Hull (Québec), 1983.

BEATON, J.D. The role of NPKS. In *Proceedings of the Prairie Production Symposium Advisory Committee to the Canadian Wheat Board*, University of Saskatchewan, Saskatoon (Saskatchewan), 1980.

BELYEA, R.M. «Death and deterioration of balsam fir weakened by spruce budworm defoliation in Ontario», *Journal of Forestry* 50:729-738, 1952.

BENTLEY, C.F. et LESKIW, L.A. *Sustainability of Farmed Lands : Current Trends and Thinking*, Rapport n° 15, Conseil consultatif canadien de l'environnement, Ottawa, 1985.

BINGHAM, G. *Resolving Environmental Disputes : A Decade of Experience*, Washington, D.C. : The Conservation Foundation, 1986.

BIRCHAM, P.D. et BRUNEAU, H.C. *La dégradation des terres agricoles de la prairie canadienne : guide des publications et bibliographie annotée*, Document de travail n° 37, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa, 1985.

BIRD, P.M. et RAPPORT, D.J. *État de l'environnement au Canada*, Environnement Canada et Statistique Canada, Ottawa, 1986.

BLAU, G.E. Environmental systems analysis : An overview. In *Environmental Exposure from Chemicals*, Volume II, 1-20, Boca Raton : CRC Press, 1985.

BOATENG, J.O. Estimates of Brush Problems in British Columbia, Silviculture Branch, British Columbia Ministry of Forests, Victoria, (Colombie- Britannique), 1984.

BOECKX, R.L. Lead poisoning in children. *Analytical Chemistry* 58:275A, 1985.

BOND, W.A. *Fishery resources of the Athabasca River downstream of Ft. McMurray. Volume 1.* Rapport No. 89. Alberta Oil Sands Environmental Research Program, Alberta Environment, Edmonton (Alberta), 1980.

BORMANN, F.H. «Air pollution and forests: An ecosystem perspective», *BioScience* 35:434-441, 1985.

BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT. *Elk-Flathead Strategic Environmental Management Plan*, rapport non publié, Planning and Assessment Branch, Victoria and Kootenay Region, Ministry of Environment, Victoria (Colombie-Britannique), 1985.

BUCKLEY, J. Environmental effects of DDT. In *Ecological Knowledge and Environmental Problem-Solving: Concepts and Case Studies*, 358-371.

CAETEP. Commission on Life Sciences, National Research Council, Washington, D.C.: National Academy Press, 1986.

BUFFINGTON, J.D. A synthetic definition of biological significance. In *Proceedings, Workshop on the Biological Significance of Environmental Impacts*, 319-327 (R.K. Sharma, J.D. Buffington et J.T. McFadden, ed.) U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., 1976.

BURGESS, R.L. et SHARPE, D.M. *Forest Island Dynamics in Man Dominated Landscapes*. New York: Springer Verlag, (ed.) 1981.

CAETEP (Committee on the Applications of Ecological Theory to Environmental Problems). *Ecological Knowledge and Environmental Problem-Solving: Concepts and Case Studies*, Washington, D.C.: National Academy Press, 1986.

CAMPBELL, C.A., ZENTNER, R.P. et DEJONG, R. *The value of leached nitrates on the prairies*. Agriculture Canada 31:18, 1985.

CARLEY, M.J. *Cumulative Socioeconomic Monitoring: Issues and Indicators for Canada's Beaufort Region*, prepare pour le gouvernment des Territoires du Nord-Ouest et le ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa, 1984.

CARSON, R. *Silent Spring*, Boston: Houghton Mifflin, 1962.

CCEA. *Regulation of Nuclear Activities in Canada*, Document d'Information n° 0108, Commission de contrôle de l'énergie atomique, Ottawa, 1983.

CCEA. *Regulatory Research Programs for 1985/86*, Bulletin d'information 85-2, Commission de contrôle de l'énergie atomique, Ottawa, 1985.

CCREE. *Social Impact Assessment: A Research Prospectus*, Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1985.

CLARK, W.C. The cumulative impacts of human activities on the atmosphere. In *Cumulative Environmental Effects: A Binational Perspective*, 113-123 (CCREE et U.S. NRC, ed.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

CNRC (Conseil national de recherches Canada). *Lead in the Canadian Environment*, rapport n° 4, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1973.

COMITE SENATORIAL DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHES ET DES FORÊTS. *Soil at Risk: Canada's Eroding Future*, Senat du Canada, Ottawa, 1984.

COMMISSION DE REFORME DU DROIT DU CANADA. *Independent Administrative Agencies*, document de travail n° 25, Commission de réforme du droit du Canada, Ottawa, 1980.

COMMISSION DE REFORME DU DROIT DU CANADA. *Rapport sur les organismes administratifs autonomes: un cadre pour la prise de décision*, rapport No. 26, Commission de réforme du droit du Canada, Ottawa, 1985.

CONOVER, S.A.M., STRONG, K.W., HICKEY, T.E. et SANDER, F. «An evolving framework for environmental impact analysis», I. Methods, *Journal of Environmental Management* 21:343-358, 1985a.

CONOVER, S.A.M., STRONG, K.W., HICKEY, T.E. et SANDER F. «An evolving framework for environmental impact analysis», II. Applications, *Joural of Environmental Management* 21:359-374, 1985b.

COUCH, W.J. *L'évaluation environnementale au Canada: 1985 Sommaire des pratiques actuelles*, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, Ottawa, 1985.

CRONAN, W. *Changes in the Land*, New York: Hill and Wang, 1983.

CRONAN, W. *Boundaries and Ecosystems in United States and Canadian History*, Address to International Joint Commission Consultation on Transboundary Monitoring, Septembre 1985, Philadelphie (Pennsylvanie), 1985.

DANCIK, B., CROSSLEY, D.I., REYNOLDS, J.F. et CRERAR, A.D. *The Environmental Effects of Forestry Operations in Alberta: Report and Recommendations*, Environment Council of Alberta, Edmonton (Alberta), 1979.

DAYTON, P. Cumulative impacts in the marine realm. In *Cumulative Environmental Effects: A Binational Perspective*, 79-84 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

DIRECTION GÉNÉRALE DES TERRES. *Land Use Change in Canada: Urbanization of Rural Land in Canada*, Fiche signalétique 85-4, Environnement Canada, Direction générale des Terres, Ottawa, 1985.

DUINKER, P.N. et BEANLANDS, G.E. «The significance of environmental impacts : An exploration of the concept», *Environmental Management* 10:1-10, 1986.

DUVAL, W.S., HARWOOD, L.A., MARTIN, L.C. et SMILEY, B.D. *A Method for Preliminary Assessment of Environmental Impacts*, rapport préparé pour l'Institute of Ocean Sciences, Pêches et Oceans Canada, Sidney, (N.-E), 1985.

EATON, R.D.P. et FARANT, J.P. «The polar bear as a biological indicator of the environmental mercury burden», *Arctic* 35:422-425, 1982.

ENVIRONNEMENT CANADA et UNITED STATES DEPARTMENT OF INTERIOR. *North American Waterfowl Management Plan*, Environnement Canada, Service canadien de la Faune, Ottawa et U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., 1985.

ENVIRONMENT COUNCIL OF ALBERTA. *Maintaining and Expanding the Agricultural Land Base in Alberta : Technical Report and Recommendations*, Environment Council of Alberta, Edmonton (Alberta), 1985.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Air Quality Criteria for Lead : External Review Draft*, Environmental Criteria and Assessment Office, Environmental Protection Agency, Research Triangle Park (Caroline du Nord), 1985.

ERCKMANN, W.J. Terrestrial systems : Commentary II. *In Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 19-21 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

ERDLE, T.A. et BASKERVILLE, G.L. Optimizing timber yields in New Brunswick forests. In *Ecological Knowledge and Environmental Problem-Solving : Concepts and Case Studies*, 275-300, CAETEP, Commission on Life Sciences, National Research Council, Washington, D.C. : National Academy Press, 1986.

ESSA. *Review and Evaluation of Adaptive Environmental Assessment and Management*, Environmental and Social Systems Analysts Ltd., Vancouver (Colombie-Britannique), 1982.

ETHYL CANADA. *Impact of Lead Antiknock Removal on Refinery Energy Consumption*, Ethyl Canada, Inc., Toronto (Ontario), 1982.

FOX, I.K. Cumulative assessment and the freshwater environment, Commentary I. In *Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 67-69 (CCREE et U.S. NRC, éd.), Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

FOX, M.F. et MACENKO, S.L. *La zone agro-forestière : un aperçu des changements d'utilisation des terres*, document de travail n° 38, Direction générale des Terres, Environnement Canada, Ottawa, 1985.

GAMBLE, D. «Destruction by insignificant increments», Arctic offshore developments : The circumpolar challenge, *Northern Perspectives* VII (6):1-4, 1979.

GORDON, M. *Agricultural Land and Land Use Planning in Alberta : A Review of Planning Legislation and Practices*, préparé pour l'Environment Council of Alberta, Edmonton (Alberta), 1981.

GOUVERNEMENT DE L'ALBERTA. *A Policy for Resource Management of the Eastern Slopes*, Alberta Energy and Natural Resources, Edmonton (Alberta), 1984.

HABITAT FAUNIQUE CANADA. *The Status of Wildlife Habitat in Canada : Problems, Issues and Opportunities*, Habitat faunique Canada, Ottawa, 1985.

HAMILTON, A.L. Freshwater : Commentary I. In *Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 45-47 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

HAUSSMANN, F.C. Introduction to the environmental mediation process : Its application in Canada. In *Environmental mediation in Canada : Seminar Proceedings*, Environmental Mediation International, Ottawa, 1983.

HAY, J.R. *Pesticides and Herbicides : Present and Anticipated Use by 1990*, Canada West Foundation, Calgary (Alberta), 1980.

HENRY, J.L. «The white scourge : Salinization on the prairies», *Agrologist* 15(1):10-11, 1986.

HICKEY, J.J., et ANDERSON, D.W. «Chlorinated hydorcarbons and egg shell changes in raptorial and fish-eating birds», *Science* 162:271-272, 1968.

HOLLING, C.S. Resilience of ecosystems : Local surprise and global change. In *Sustainable Development of the Biosphere*, (W.C. Clark et R.E. Munn, éd.) International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Autriche, 1985.

HRUDEY, S.E. *Characterization of Wastewaters from the Great Canadian Oil Sands Bitumen Extraction and Upgrading Plant*, Service de la Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, 1975.

HUGHES, M.K., LEPP, N.W. et PHIPPS, D.A. Aerial heavy metal pollution and terrestrial ecosystems. Advances. In *Ecological Research* 11:217-327, 1980.

INGLIS, J.T. *The Cumulative Impact of Development on the Rock and Granular Material Resources of the Mackenzie Delta Area*, ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa, 1976.

JAN, W. et SHEFFIELD, A. *Inventaire national des sources et des émissions de plomb*, Service de la Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, 1983.

JAWORSKI, J.F. *Effets of Lead in the Environment, 1978 : Quantitative Aspects*. Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1979.

JORDAN, C.F. Ecological effects of nuclear radiation. In *Ecological Knowledge and Environmental Problem-Solving : Concepts and Case Studies*, 331-343, CAETEP, Commission on Life Sciences, National Research Council, Washington, D.C. : National Academy Press, 1986.

KIEL, W.H., Jr., HAWKINS, A.S. et PERRET, N.G. *Waterfowl Habitat Trends in the Aspen Parkland of Manitoba*, rapport n° 18, Service canadien de la Faune, Environnement Canada, Ottawa, 1972.

KIELL, D.J., HILL, E.L. et MAHONEY, S.P. Protecting caribou during hydroelectric development in Newfoundland. In *Ecological Knowledge and Environmental Problem-Solving : Concepts and Case Studies*, 205-226, CAETEP, Commission on Life Sciences, National Research Council, Washington, D.C. : National Academy Press, 1986.

KIMMINS, J.P. *Future shock in forest yield forecasting : The need for a new apprcach*, Forestry Chronicle 61:503-512, 1985.

LABUDA, J. et LANDHEER, F. *Options de contrôle pour la réduction des quantités de plomb dans l'essence moteur*, Service de la Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, 1983.

LAKE, W.H. *Acute Lethality Study of GCOS Dike Filter Drainage Using Rainbow Trout and Brook Stickleback*, rapport interne, Water Quality Control Branch, Alberta Environment, Edmonton (Alberta), 1976.

LANE, R.K. et SYKES, G.N. *Nature's Lifeline : Prairie and Northern Waters*, Canada West Foundation, Calgary (Alberta), 1982.

LEVITT, J. *Responses of Plants to Environmental Stresses : II. Water, Radiation, Salt and Other Stresses*. 2e édition, New York : Academic Press, 1980.

LEWIN, R. «Why dynamiting vampire bats is wrong», *Science* 232:24-26, 1986.

LOCK, M.A., WALLACE, R.R., BARTON, D.R. et CHARLTON, S. «The effects of synthetic crude oil on microbial and macroinvertebrate benthic river communities : Part 1 — Colonization of synthetic crude oil contaminated substrata», *Environmental Pollution* 24:207-219, 1981.

LOUCKS, O.L. «Looking for surprise in managing stressed ecosystems», *BioScience* 35:424-432, 1985.

MACHNIAK, K. et BOND, W.A. *An Intensive Study of the Fish Fauna of the Steepbank River Watershed of Northeastern Alberta*, rapport n° 61 de l'AOSERP, Alberta Oil Sands Environmental Research Program, Alberta Environment, Edmonton (Alberta), 1979.

MACKENZIE RIVER BASIN COMMITTEE. *Mackenzie River Basin Study Report*, Mackenzie River Basin Committee, Regina (Saskatchewan), 1981.

MAY, R.M. «Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states», *Nature* 269:471-477, 1977.

MCCUAIG, J.D. et MANNING, E.W. *L'évolution de l'utilisation des terres agricoles au Canada : processus et conséquences*, Série de l'utilisation des terres au Canada, n° 21, Direction générale des Terres, Environnement Canada, Ottawa, 1982.

MCGILL, W.B., CAMPBELL, C.A., DORMARR, J.F., PAUL, E.A. et ANDERSON, D.W. Soil organic matter losses. In *Agricultural Land, Our Disappearing Heritage — A Symposium*, 72-133, compte rendu de l'Alberta Soil Science Workshop, Alberta Soil and Feed Testing Laboratory, Edmonton (Alberta), 1981.

MCTAGGART-COWAN, I. Cumulative impact of development of the Mackenzie estuary/delta, N.W.T. In *Mackenzie Delta : Priorities and Alternatives*, 71-82, compte rendu de conférence des 3 et 4 décembre 1975, Ottawa, Canadian Arctic Resources Committee, Ottawa, 1975.

MICHAELS, P.J. The cumulative impacts of human activities on the atmosphere : Commentary II. In *Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 127-120 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

MISZKIEL, A. *Programme de contrôle de l'essence sans plomb entre 1974 et 1980*, Service de la Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, 1982.

MITCHELL, G.J. The importance, utilization, management and future of wild game animals on the Canadian Plains. In *Man : User and modifier of Canadian Plain's Resources* (G.J. Mitchell, éd.) Prairie Forum 9(2):249-261, 1984.

MOORE, N.W. «A synopsis of the pesticide problem», *Advances in Ecological Research* 4:75-129, 1967.

MUNN, R.E. *Environmental Impact Assessment : Principles and Procedures*, International Council on Scientific Unions, Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Toronto (Ontario), (éd.) 1975.

MUNRO, D.A. Environmental impact assessment as an element environmental management. In *Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 25-30 (CCREE et U.S. NRC éd.), Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

NAS (National Academy of Sciences). *Lead in the Human Environment: report*, préparé par le Committee on Lead in the Human Environment, Environmental Studies Board, Commission on Natural Resources, National research Council, Washington, D.C., 1980.

NAYSMITH, J.K., YARRANTON, G.A., GREY, B.J. et LOW, D.J. *Hydrocarbon Development in the Beaufort Sea — Mackenzie Delta Region : Review and Recommendations*, rapport prepare pour les audiences publiques sur la mer de Beaufort, Environnement Canada, Ottawa, 1983.

NEIMANIS, V., MCKECHNIE, R. et SIMPSON-LEWIS, W. Introduction to the concept of stress on land. In *Stress on Land in Canada*, 1-10 (W. Simpson-Lewis, R. McKechnie et V. Neimanis, éd.) Folio n° 6, Direction générale des Terres, Environnement Canada, Ottawa, 1983.

NEWCOMBE, C.P. «Acid deposition in aquatic ecosystems : Setting limits empirically», *Environmental Management* 9:277-288, 1985.

NICHOLAICHUK, W. et READ, D.W.L. «Nutrient runoff from fertilized and unfertilized fields in western Canada», *Journal of Environmental Quality* 7:542-54, 19784

NRC/RSC (National Research Council of the United States et la Royal Society of Canada). *The Great Lakes Water Quality Agreement : An Evolving Instrument for Ecosystem Management*, Washington, D.C. : National Academy Press, 1985.

ODUM, E.P. *Fundamentals of Ecology*, 3e édition, Philadelphie : W.B. Saunders Company, 1971a.

ODUM, E.P. «Trends expected in stressed ecosystems», *BioScience* 35:419-422, 1985.

ODUM, H.T. *Environment, Power and Society*, Toronto : Wiley-Interscience, 1971b.

ODUM, W.E. «Environmental degradation and the tyranny of small decisions», *BioScience* 32:728-729, 1982.

OPHEL, I.L. The fate of radiostrontium in a freshwater community. In *Radioecology*, 213-216 (V. Shultz et W. Klement, éd.) New York : Reinhold, 1963.

ORIANS, G.H. Cumulative effects : Setting the stage. In *Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 1-6 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

O'RIORDAN, J. Cumulative assessment and the freshwater environment. In *Cumulative Environmental Effects : Binational Perspective*, 5-56 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

PEARSE, P.H., BERTRAND, F. et MACLAREN, J.W. *Currents of Change : Final Report, Inquiry on Federal Water Policy*, Environnement Canada, Ottawa, 1985.

PERNER, D. The consequences of increasing CFM concentrations for chemical reactions in the stratospheree and their impact on climate. In *Man's Impact on Climate*, 215-225 (W. Bach, J. Pankrath et W. Kellogg, éd.) Amsterdam et New York : Elsevier Scientific Publishing Company, 1979.

POLICANSKY, D. Cumulative impacts in the marine realm : Commentary II. In *Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 89-90 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

PFRA. *Land Degradation and Soil Conservation Issues on the Canadian prairies : An Overview*, Prairie Farm Rehabilitation Administration, Agriculture Canada, Regina (Saskatchewan), 1983.

PRINSENBERG, S.J. «Man-made changes in the freshwater input rates of Hudson and James Bays», *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:1101-1110, 1980.

PUBLIC ADVISORY COMMITTEES. *Prospectus for an Alberta Conservation Strategy*, Public Advisory Committees to the Environment Council of Alberta, Environment Council of Alberta, Edmonton (Alberta), 1986.

RENNIE, D.A. Soil conservation. In *The Canadian Encyclopedia*, Volume III, 1729-1730, Edmonton : Hurtig Publishers, 1985.

RESOLVE. Volume 18(2), 1986.

ROBERTS, R.D. et ROBERTS, T.M. *Planning and Ecology*, New York : Chapman and Hall, (éd.) 1984.

ROBILLIARD, G.A. Management of the estuarine ecosystem against cumulative effects of pollution and development : Commentary II. *In Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 107-108 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

ROOTS, E.F. *Submission to the Beaufort Sea Environmental Assessment Review Panel*, Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, Hull (Québec), 1983.

ROWE, J.S. The level-of-integration concept and ecology, *Ecology* 42:420-427, 1961.

ROWE, J.S. *Scientific Committee Report*, procès-verbal provisoire, troisième assemblée annuelle, Conseil canadien des aires écologiques, 27-28 août, Saskatoon (Saskatchewan), Conseil canadien des aires écologiques, Ottawa, 1985.

ROYAL SOCIETY OF CANADA. *Du plomb dans l'essence : étude pour une politique au Canada*, rapport provisoire, La Commission sur le plomb dans l'environnement, Royal Society of Canada, Ottawa, 1985.

RUBEC, C.D.A. et RUMP, P.C. *Prime Wetland Land Use Monitoring Activities and Needs in Southern Canada*, document préparé pour la Third Annual Western Provincial Conference on Rationalization of Water and Soil Research and Management, 20-22 novembre, Winnipeg (Manitoba), 1984.

RUSSELL, C.S. et PORTNEY, P.R. «A policy foundation for the future», *Resources for the Future* 81:7-8, 1985.

SADLER, B. *Water Policy for Western Canada : The Issues of the Eighties*, compte rendu de la Second Annual National Resource Conference, 9-12 September 1982, Banff (Alberta), Calgary : University of Calgary Press, (éd.) 1983.

SADLER, B. *Institutional Arrangements for Water Management in the Mackenzie River Basin : Background Papers and Agenda for Action from the Banff Water Policy Workshop*, Universty of Calgary, Calgary (Alberta), (éd.) 1984.

SADLER, B. Cumulative assessment and the freshwater environment : Commentary II. *In Cumulative Environmental Effects : A Binational Perspective*, 71-75 (CCREE et U.S. NRC, éd.) Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Hull (Québec), 1986.

SALWASSER, H. Conserving a regional spotted owl population. In *Ecological Knowledge and Environmental Problem-solving : Concepts and Case Studies*, 227-247, CAETEP, Commission on Life Sciences, National Research Council, Washington, D.C. : National Academy Press, 1986.

SANDERSON, K. *Soil Fertility, Land Productivity, and Dryland Salinity in Alberta*, Edmonton (Alberta), 1982.

SHOPLEY, J.B. et FUGGLE, R.F. «A comprehensive review of current environmental impact assessment methods and techniques», *Journal of Environmental Management* 18:25-47, 1984.

SHRYBMAN, S. *Environmental Mediation*, Toronto : The Canadian Environmental Law Association, 1984.

SIMPSON-LEWIS, W., MCKECHNIE, R. et NEIMANIS, V. *Les terres du Canada : stress et impacts*, Environnement Canada, Ottawa, (éd.) 1983.

SORENSEN, J.C. *A Framework for the Identification and control of Resource Degradation and Conflict in the Multiple Use of the Coastal Zone*, Department of Landscape Architecture, University of California, Berkeley (Californie), 1971.

SPEIGHT, J.G. et MOSCHOPEDIS, S.E. The influence of crude oil composition on the nature and the upgrading process — Athabasca bitumen. In *The Future of Heavy Crude Oils and Tar Sands : First International Conference, 4-12 juin, Edmonton (Alberta)* 603-611 (R.F. Meyer et C.T. Steale, éd.) UNITAR/McGraw Hill, 1981.

STEWART, J.W.B. «Soil degradation : What can we do?» *Agrologist* 14(2):21-22, 1985.

STROSHER, M.T. et PEAKE, E. *The Evaluation of Wastewaters From an Oil Sands Extraction Plant*, rapport n° 5 de l'AOSERP, Alberta Oil Sands Environmental Research Program, Alberta Environment, Edmonton (Alberta), 1976.

STROSHER, M.T. et PEAKE, E. *Characterization of Organic Constituents in the Athabasca River System Upstream of Ft. McMurray*, rapport n° 53 de l'AOSERP, Alberta Oil Sands Environmental Research Program, Alberta Environment, Edmonton (Alberta), 1978.

SYNCRUDE CANADA LTD. *Atmospheric Emissions Monitoring and Vegetation Effects in the Athabasca Oil Sands Region*, Environmental Research Monograph 1985-5, Syncrude Canada Ltd., Edmonton (Alberta), 1985.

TAYLOR, O.C., DUGGER, W.M., Jr., CARDIFF, E. A. et DARLEY, E.F. «Interaction of light and atmospheric photochemical (smog) within plants», *Nature* 192:814-816, 1961.

THOMSPON, D. «The preservation of agricultural land in Alberta», *Alternatives* 6(1):43-49, 1977.

THOMPSON, P.S. *Rural Subdivision in the Edmonton, Battle River, Red Deer and Calgary Regional Planning Commissions 1977-1979*, Environment Council of Alberta, Edmonton (Alberta), 1982.

UICN. *World Conservation Strategy : Living Resource Conservation for Sustainable Development*, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Suisse, 1980.

ULRICH, B. et PANKRATH, J. *Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystem*, compte rendu d'un atelier tenu à Göttingen, République fédérale d'Allemagne, 16-18 mai 1982, Dordrecht and Boston : D. Reidel Publishing Co., 1983.

VAN EVERDINGEN, R.O. «Subsurface Disposal of Waste in Canada, III. Regional evaluation of potential for underground disposal in industrial liquid waste», *Bulletin technique n° 82*, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa, 1974.

WALLACE, R.R. «Environmental impact research : A time for choices», *Alternatives* 9(4):42-48, 1981.

WALLACE, R.R. *«Between Stools» : The Status of Blackfly Control and Research — An Alberta Perspective*, Alberta Environment Edmonton (Alberta), 1986a.

WALLACE, R.R. *Hydrocarbons and Fish Tainting in the Athabasca Oil Sands Area*, Alberta Environment, Edmonton (Alberta), 1986b.

WALLACE, R.R. Community responses in freshwaters to oils : A review. In *Oil and Freswater : Chemistry, Biology, Technology*, (J. Vandermeulen et S. Hrudey, éd.). New York : Pergamon, (sous presse).

WARREN, C.L. et RUMP, P.C. *Urbanisation des terres rurales au Canada : 1966-1971 et 1971-1976 dans le n° 20 de la série de l'utilisation des terres au Canada*, Environnement Canada, Ottawa, 1981.

WEETMAN, G.F. Forestry practices and stress on Canadian forest land. In *Stress on Land in Canada*, 259-301 (W. Simpson-Lewis, R. McKechnie, and V. Neimanis, éd.) Environnement Canada, Ottawa, 1983.

WEINBERG, G.M. *An Introduction to General Systems Thinking*, Toronto : Wiley-Interscience, 1975.

WESTWORTH, D.A. et BRUSNYK, L.M. *A Wildlife Inventory and Habitat Evaluation of the Genesee Project Area*, préparé pour Fording Coal Ltd., Calgary (Alberta), 1983.

WESTWORTH, D.A. et BRUSNYK, L.M. *An Assessment of Post Construction Use of Pipeline Corridors by Wildlife*, préparé pour NOVA, An Alberta Corporation, Calgary (Alberta), 1984.

WHEATLEY, B. *Methyl Mercury in Canada : Exposure of Indian and Inuit Residents to Methyl and Mercury in the Canadian Environment*, Direction générale des services médicaux, Santé et Bien-être Social Canada, Ottawa, 1979.

WHELAN, T. «Decision-makers must heed global warming trend», *Ambio* 14(6):358, 1985.

WOODWELL, G.M. «Toxic substances and ecological cycles», *Scientific American* 216(3):24-31, 1967.

CONSEIL CANADIEN DE LA RECHERCHE SUR L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Gordon Baskerville
Doyen, Faculty of Forestry
University of New Brunswick
Bag Service #44555
Frédéricton (Nouveau-Brunswick)
E3B 6C2

Robert K. Bell
Norplan Consultants
C.P. 228
1632, avenue La Ronge
La Ronge (Saskatchewan)
S0J 1L0

Peter Boothroyd
Professeur adjoint
Faculty of Graduate Studies
University of British Columbia
2206 East Mall
Vancouver (Colombie-Britannique)
V6T 1W5

Katherine Davies
City of Toronto
Department of Public Health
12, rue Shuter, 3ième étage
Toronto (Ontario)
M5B 1A1

Charles Ferguson
Directeur, Environmental Affairs
Inco Limited
C.P. 44
77, rue King, suite 2200
Royal Trust Tower
Toronto (Ontario)
M5K 1N4

Susan Holtz
4 Umlah's Road
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3P 2G6

Richard Hoos
Environmental and Socio-Economic Services
Dome Petroleum Limited
First Canadian Centre
620 Third Street S.W., 12ième étage
Calgary (Alberta)
T2P 2H8

Peter Jacobs
Professeur titulaire
Université de Montréal
Faculté de l'aménagement
5620, avenue Darlington
Montréal (Québec)
H3C 3J7

E. Fred Roots
(Président, CCREE)
Conseiller scientifique
Environnement Canada
Édifice Fontaine, 10ième étage
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3

Louise Roy
Conseillère
Environnement et relations avec
les groupes d'intérêt public
3855, avenue Northcliffe
Montréal (Québec)
H4A 3K9

Robert Walker
Directeur
Saskatchewan Environment and
Public Safety
Édifice Walter Scott
3085, rue Albert, pièce 218
Régina (Saskatchewan)
S4S 0B1

SECRÉTARIAT DU CCRÉE

John F. Herity
Directeur général
Politique et administration
Bureau fédéral d'examen des
évaluations environnementales
Édifice Fontaine, 13ième étage
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3

Patrice LeBlanc
Secrétaire exécutif, CCREE
Directeur de la recherche
Bureau fédéral d'examen des
évaluations environnementales
Édifice Fontaine, 13ième étage
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3

M. Husain Sadar
Conseiller scientifique
Bureau fédéral d'examen des
évaluations environnementales
Édifice Fontaine, 13ième étage
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3

Barry Sadler
Directeur
Institute of the North American West
1631, promenade Barksdale
Victoria (Colombie-Britannique)
V2N 5A8

Chantal Sirois
(Soutien administratif, CCREE)
Bureau fédéral d'examen des
évaluations environnementales
Édifice Fontaine, 13ième étage
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3

Robert H. Weir
Chef, Division des systèmes des
impacts environnementaux
Service de protection
de l'environnement
Place Vincent Massey
351, boul. St-Joseph, 15ième étage
Hull (Québec)
K1A 0H3